

2938: Estudi i implementació pràctica d'una xarxa Wifi Mesh

**Memòria Projecte fi de carrera de
L'Enginyeria tècnica en
Telecomunicacions, Especialitat
sistemes Electrònics.**

Realitzat per: Josep Sabaté i Font

Dirigit per: Antoni Morell Perez

Bellaterra 1 d'octubre de 2014

Índex	Pàg.
1. Introducció	4
2. Objectius	5
3. Planificació	6
4. WLAN(Wireless Local Area Network).....	7
4.1. Enrutament.....	10
5. Estat de L'art.....	11
5.1. Xarxes Ad-hoc.....	11
5.1.1. Origen xarxes Ad-hoc	11
5.2. Xarxes MANET	13
5.2.1. Història de les xarxes MANET	14
6. Xarxes Mesh	15
6.1. Història Xarxes Mesh	15
6.2. Característiques i limitacions de les xarxes Mesh	15
6.3. Topologies Xarxes mallades sense fils.....	18
6.4. Escenaris possibles Xarxes mallades sense fils	18
6.5. Principals Opcions d'arquitectura	19
6.5.1. Basada en la Topologia	19
6.5.2. Basada en els nodes.....	20
6.5.3. Xarxes Mesh vs Xarxes MANET	21
6.5.4. Elements d'una xarxa mallada sense fils	21
7. Protocols	23
7.1. AODV	23
7.1.1. Introducció.....	23
7.1.2. Funcionament	23
7.2. BATMAN	26
7.2.1. Introducció.....	26
7.3. OLSR	27
7.3.1. Introducció.....	27
7.3.2. Funcionament	29
7.3.2.1. Missatge HELLO	32
7.3.2.2. Missatge TV	34
7.3.2.3. Altres Tipus de Missatges.....	35
7.4. IEEE 802.11s	36
7.4.1. Introducció.....	36
7.4.2. HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol)	36
8. Validació Pràctica	39
8.1. Hardware.....	39
8.2. Software	39
8.2.1. OpenWrt.....	39
8.2.2. Commotion.....	39
8.2.2.1. Direccions IP, enrutament i Internet	40
8.2.2.2. Nom del Host, DNS.....	42
8.3. Configuració dels nodes	42
8.3.1. Components interns.....	44
8.3.2. Arquitectura Quickstart.....	44
8.3.2.1. Executables i arxius.....	44
8.3.2.2. Executables (no estàndards) i arxius.....	44
8.3.3. Direcció node a la xarxa.....	45
8.4. Construcció de la Xarxa 1	47
8.4.1. Escenari de la Xarxa 1	47

8.4.2. Taules d'enrutament	48
8.4.2.1. Veïns	48
8.4.2.2. Rutes	49
8.4.2.3. Topologia	50
8.4.2.4. Zona d'accés a Internet per als clients	50
8.5. Construcció de la Xarxa 2	52
8.5.1. Taules d'enrutament	52
8.5.1.1. Veïns	52
8.5.1.2. Topologia	52
8.5.1.3. Missatge HNA	53
8.6. Possibles Projectes de Futur	53
9. Conclusions	55
10. Glossari	56
11. Bibliografia	58

Índex de Figueres

Pàg

Figura 1	7
Figura 2	7
Figura 3	9
Figura 4	10
Figura 5	17
Figura 6	19
Figura 7	25
Figura 8	29
Figura 9	30
Figura 10	37
Figura 11	38
Figura 12	39
Figura 13	43
Figura 14	46
Figura 15	47
Figura 16	47
Figura 17	48
Figura 18	50
Figura 19	51
Figura 20	52
Figura 21	54

Índex de Taules

Pàg.

Taula 1.....	9
Taula 2.....	46
Taula 3.....	48
Taula 4	49
Taula 5.....	49
Taula 6.....	50
Taula 7.....	52
Taula 8.....	53
Taula 9.....	53

1.- Introducció

L'home sempre ha tingut la inquietud per transferir missatges i poder-se comunicar, més enllà de la pròpia parla que tens amb els individus més pròxims. A la prehistòria les pintures rupestres es podrien considerar com els primers missatges de l'espècie humana, gràcies a les pintures podien deixar constància de les coses que s'anaven aprenent, com ara el foc o els animals que caçaven per la zona on es trobaven etc. Més endavant amb la invenció del paper ja podien transmetre missatges a una distància més gran. La invenció del telègraf i més endavant el telèfon va provocar una revolució per a les comunicacions, ja que permetia a l'individu comunicar-se amb un altre individu a un gran distància i el receptor rebia el missatge al mateix moment que l'emissor l'estava enviant.

L'últim pas que han tingut, ha estat l'explosió d'internet, des de la invenció dels ordenadors l'evolució de les comunicacions s'ha focalitzat en crear xarxes entre ells i poder-se interconnectar els equips per molt allunyats que estiguessin a l'espai. L'objectiu ha estat aconseguir serveis que permetin la transmissió de diferents tipus d'informació, com ara dades, veu o vídeo. Avui no podríem concebre el món on som, on tothom està constantment connectat i transferint missatges amb altres individus d'arreu del planeta, sense aquesta extensa xarxa.

Al llarg dels anys Internet ha recorregut un llarg camí, des del 1969 quan a UCLA (Universitat de Califòrnia Los Angeles) arrancava el primer node de la xarxa anomenada ARPANET, al 1983 és realment quan podríem dir que neix internet amb la xarxa de llarg abast basada amb el protocol TCP/IP. Actualment hi ha infinitat de protocols, dispositius i estàndards utilitzats per comunicar les màquines i un dels que porten la majoria de dispositius segueix sent el TCP/IP. L'any 1997 es va aprovar la primera versió del protocol 802.11, que és el que dona pas al Wifi

Aquest projecte estudiarà l'arquitectura, el desplegament, la implementació i l'avaluació experimental d'una xarxa Wifi Mesh, aquesta és una semblant a la xarxa MANET (Mobile Ad-hoc NETwork) que utilitza la tipologia Ad-hoc, però on els Punts d'Accés són mòbils poden aparèixer i desaparèixer sense impedir que es transmetin correctament les dades, aquesta es basa en veure com diferents equips i/o nodes intercanvien dades i decideixen quin és el millor camí perquè el missatge arribi al seu destí. És a dir, analitzarem de forma teòrica diferents protocols d'enrutament i encaminament utilitzats per a les xarxes sense fils i en posarem en pràctica algun.

2.- Objectius

En aquest apartat farem una breu descripció dels objectius bàsics d'aquest projecte:

- Estudiar les xarxes Mesh, la seva història i funcionament, explicant també les xarxes Ad-hoc, que formen part del funcionament d'una xarxa Mesh.
- Fer un petit informe dels protocols d'enrutament Mesh, on ens basarem bàsicament en l'OLRSD, l'OpenWrt i el BATMAND.
- Configurar els nodes amb el sistema operatiu Commotion que utilitzi els protocols OLRSD i el software OpenWrt.
- Crear una petita xarxa Mesh, al poble de Bellcaire d'Urgell, on es voldran connectar tres cases mitjançant tres Punts d'Accés. En una casa n'hi haurà un que serà utilitzat com a GateWay i els altres dos estaran situats a les altres dues cases per tal de donar-hi accés a internet. També es realitzarà una petita xarxa a un habitatge de Barcelona per garantir màxima connexió a internet a tota la llar.
- Es farà l'estudi de la xarxa Mesh creada, veient el funcionament d'aquesta i comprovar si és viable tirar-ho endavant.

3.- Planificació

1. Recopilació i consulta d'informació
 - Adquirir la documentació i el coneixement necessari per dominar els conceptes bàsics en quant a xarxes Mesh i ad-hoc.
 - Duració: 15 dies
2. Estudi de l'estat de l'art.
 - Recopilar informació de protocols varis, classificar-los i escollir-ne un per realitzar el projecte.
 - Duració: 5 dies.
3. Buscar, escollir i adquirir el hardware.
 - Buscar hardware compatible amb les xarxes Mesh i escollir el que millor s'adapti a les necessitats del projecte.
 - Duració: 5 dies.
4. Muntatge, instal·lació i configuració dels nodes
 - Instal·lar el software Mesh i configurar els nodes.
 - Muntar els nodes als punts desitjats per crear la xarxa.
 - Duració: 20 dies.
5. Posada en funcionament i resolució d'incidències.
 - Configurar de forma adequada els nodes per crear un xarxa mesh amb un bon funcionament. A la vegada que es solucionen les incidències que puguin sorgir.
 - Duració: 10 dies.
6. Realització de probes
 - Realitzar les probes pertinents a l'escenari creat, veure la generació del tràfic i extreure'n resultats.
 - Duració: 10 dies
7. Redacció de la memòria (aquesta tasca és durà a terme paral·lelament amb les altres 6 tasques)
 - Redactar tot el que s'ha extret de les anteriors tasques. Classificar i ordenar els resultat obtinguts.
 - Redactar les conclusions.
 - Duració: 60 dies

		Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1			Recopilació i consulta d'informació	15 días	mar 01/07/14	lun 21/07/14	
2			Redacció de l'estat de l'art	5 días	mar 22/07/14	lun 28/07/14	1
3			Buscar escollir i adquirir el hardware	5 días	mar 15/07/14	lun 21/07/14	
4			Muntatge, instal·lació i configuració dels nodes	20 días	mar 22/07/14	lun 18/08/14	3
5			Posada en funcionament i resolució d'incidències	10 días?	mar 19/08/14	lun 01/09/14	3;4
6			Realització de probes	10 días	lun 25/08/14	vie 05/09/14	3;4
7			Redacció de la memòria	60 días	lun 07/07/14	vie 26/09/14	

Figura 1 Planificació del Projecte

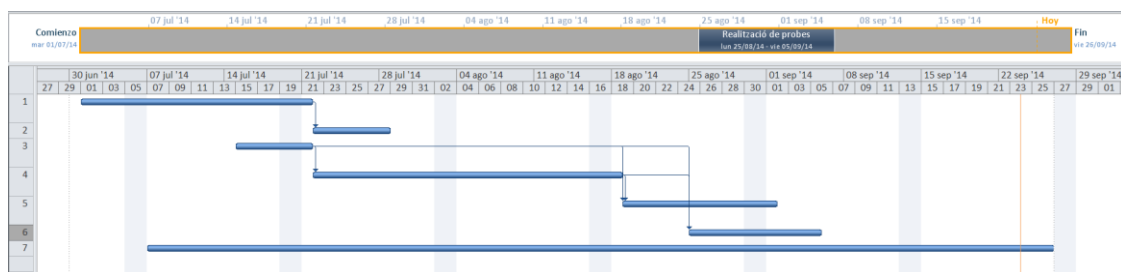


Figura 2 Diagrama de Gant

4.- WLAN (Wireless Local Area Network o xarxa d'àrea local sense fils)

Una WLAN (Wireless Local Àrea Network) es un xarxa inalàmbrica de dispositius que generalment es regeix per l'estàndard IEEE802.11. Aquest defineix la capa física i la capa d'enllaç dins del model OSI (Open System Ineterconnection). Existeix una marca Wi-Fi, de la Wi-Fi Alliance, organització empresarial que adopta, prova i certifica que els dispositius inalàmbrics compleixen els estàndard 802.11 relacionats amb xarxa WLAN.

La primera versió del 802.11 va ser aprovada l'any 1997, aquest oferia unes velocitats de transmissió de 2Mbps. Dos anys més tard és van aprovar el 802.11a i el 802.11b, però no va ser fins al 2001 que es van treure els primers productes de l'estàndard 802.11a. Aquest va ser el punt d'inflexió en el procés de difusió de les xarxes inalàmbriques per a usos domèstics. L'any 2003 va ser aprovat l'estàndard 802.11g. Aquest el van adoptar ràpidament les empreses subministradores de dispositiu inalàmbrics ja que era més ràpid que el 802.11b, 11Mbps contra els 54 Mbps del 802.11g. Aquests dos estàndards operen a la freqüència de 2,4GHz.

L'Octubre del 2009 la Wifi Alliance va aprovar la revisió de l'estàndard 802.11n, aquest millora als ja esmentats 80.11a, 802.11b i 802.11g, ja que afegeix les antenes MIMO (multiple-input multiple-output). A més, pot operar tant a la freqüència de 2,4GHz com a la de 5GHz i a una velocitat que oscil·la entre els 54 Mbps i els 600 Mbps. Actualment s'ha aprovat al desembre del 2013 el 802.11ac, una millora del 802.11n, que té millor prestacions a la freqüència de 5GHz. Tots ells són compatibles i al mercat podem trobar equips que operin amb un d'ells o fins i tot més d'un. Davant la inquietud de millor les xarxes inalàmbriques.

Des de l'any 2004 es treballa en l'estàndard 802.11s. Aquest depèn intrínsecament dels altres quatre estàndards ja que aquets són els que li transporten el tràfic, però aquesta versió de l'estandarització es la utilitzada per construir les xarxes Mesh. Hi ha molts més tipus de revisions de l'estàndard 802.11. L'última revisió acceptada ha estat al gener del 2014 i s'espera que a l'any 2015 hi hagi milions de dispositius operatius amb aquesta revisió a tot el món

Estàndard	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Any creació	1999	1999	2003	2009
Velocitat	Fins a 54 Mbps	Fins a 11 Mbps	Fins a 45Mbps	De 54Mbps a 600Mbps
Freqüència	5 Ghz	2.4 Ghz	2.4 GHz	2.4 Ghz i 5 Ghz
Cobertura	Mala cobertura, uns 100m a l'exterior	Bona cobertura, uns 140m a l'exterior	Bona cobertura, uns 140m a l'exterior	Bona cobertura, uns 250m a l'exterior
Modulació	OFDM	CSSS	OFDM,CSSS	OFDM

Taula 1 Comparació estàndards 802.11 (1)

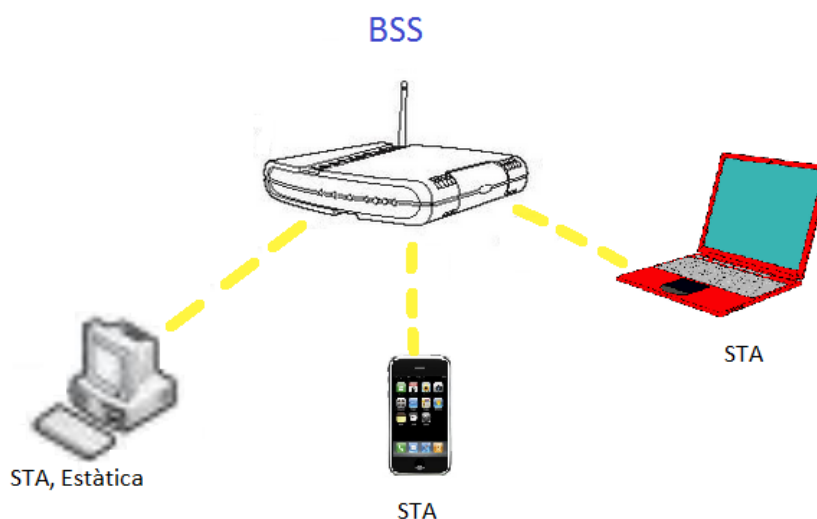


Figura 3 802.11 BSS (Basic Service Set)

Ara veurem els dispositius que podem trobar en una xarxa 802.11, no tots són necessaris per poder-la desplegar:

- **Estació (STA):** Dispositiu equipat amb una interfície 802.11. (Tablet, SmartPhone, PC...)
- **Punt d'accés (AP):** Dispositiu que interconnecta diferents STA per formar una xarxa. Molts cops incorporen funcionalitats extres i poden ser utilitzats com a router. Amb capacitat per encaminar paquets de dades i assignar direccions IP.
- **Portal:** Dispositiu que interconnecta una xarxa 802.11 amb una altra de tipus 802, generalment una LAN.

- **Sistema de distribució (DS):** diferents AP's poden connectar-se per formar la columna vertebral (backbone). El conjunt de AP's conformen el sistema de distribució. Normalment solen ser implementats sobre Ethernet.
- **BSS (Basic Service Set):** Són un conjunt format per un AP i diverses STA's associades aquest.
- **ESS (extended Service Set):** Són un conjunt de WLAN's interconnectades entre elles, formades cada una per la seva pròpia BSS. La ESS és vista com una sola xarxa 802 per als nivells superiors del model OSI. Dintre d'aquesta ESS les estacions poden fer roaming, és a dir, poden canviar de AP segons la qualitat del senyal.

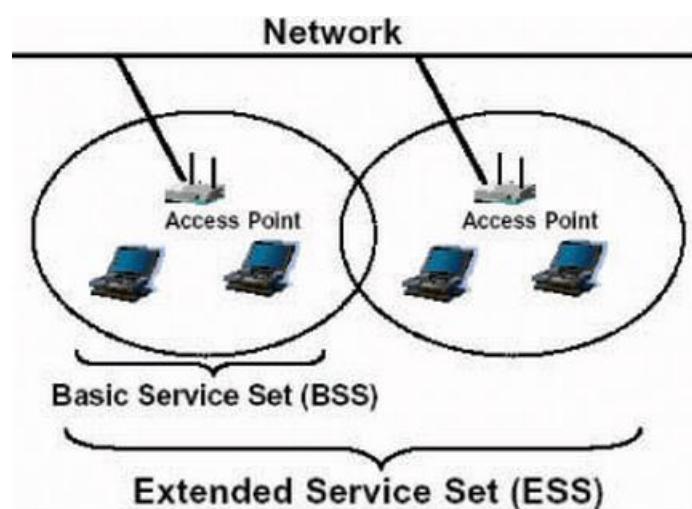


Figura 4 ESS (extended Service Set) (2)

Les BSS que estan formades per un AP i les diferents STA's que és connecten a ella per formar la WLAN, són els casos més comuns i que trobem a la majoria de llars i empreses amb connexió ADSL on el AP funciona com a portal a Internet.

4.1.- Enrutament

L'enrutament és el procés on els nodes seleccionen el camí entre ells dintre d'una xarxa, des de una font a la destinació.

Els protocols d'encaminament especifiquen com es creen les rutes, o bé les actualitzen o les eliminen. Els routers es comuniquen entre si per tal de fer possible la comunicació entre la font i el destí. Tenim diferents protocols d'enrutament. Aquets són classificats segons l'estretègia de selecció de rutes. La classificació és fa segons un algoritme que calcula la millor ruta per transmetre dades.

5.- Estat de l'art

5.1.- Xarxes AD-HOC

Podem definir la xarxa Ad-hoc com a una xarxa wireless descentralitzada, on la WLAN està formada tan sols per STA's, és a dir, no necessiten un AP central per conformar el BSS. Cada node pot enviar dades als altres nodes per igual i el camí que trien les dades el triaran de manera dinàmica. Les estacions es connecten entre elles punt a punt, per formar la WLAN. Cada STA actua com a emissor, receptor i transmissor de la informació, per la qual cosa es requereixen protocols d'enrutament específics que permetin als nodes reenviar paquets. Aquest tipus de xarxa es pot comparar amb les xarxes per cable, on hi ha dispositius especials que realitzen la tasca d'enrutament. També es compara amb les xarxes gestionades sense fils, en la que és el punt d'accés del dispositiu el que realitza la gestió de les comunicacions entre els nodes.

Poden classificar les xarxes Ad-hoc en dos principals:

- **MANET (Moblire Ad-hoc NETwork)**: en les xarxes MANET els nodes que la formen e general no estan a un lloc fixe.
- **WNM (Wireless Mesh Network)**: En les WMN o més conuguda com a xarxa Mesh, els nodes en general estan fixes al mateix lloc.

5.1.1.- Orígens de les xarxes Ad-hoc

Per parlar de les xarxes mesh primer hem de conèixer les primeres xarxes inalàmbriques ad-hoc. Les primeres xarxes ad-hoc van ser xarxes packet radio dels anys 70. Són xarxes que funcionen a partir de l'intercanvi de dades per radiofreqüència. Una de les primeres xarxes d'aquesta mena va ser ALOHAnet. Aquesta xarxa va derivar a ALOHA (Areal Locatgions of Hazardous Atmospheres) i d'altres com CSMA (Carrier Sense Multiple Access), del qual Ethernet va ser la seva primera implementació.

ALOHAAnet és podria considerar la primera xarxa d'ordinadors de la història. Va ser elaborada a la Universitat de Hawaii, amb el finançament de DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), ALOHAAnet introduïa una novetat

respecte les xarxes ja existents a l'època com ara ARPANET, doncs ALOHAnet era de caràcter inalambric. L'objectiu del professor Norman Abramson, desenvolupador de la xarxa, era la de poder comunicar totes les illes i això no és podia fer mitjançant cablejat. Degut a que utilitzava el sistema packet radio, i els nodes utilitzaven un canal comú (l'aire), era necessari algun tipus de mecanisme que regulessin l'accés dels diferents nodes. Per poder resoldre el problema ALOHAnet va introduir un nou protocol, el CSMA. Bàsicament, es tracta de que cada node avanç d'enviar qualsevol missatge escolta el canal. Si el canal no és utilitzat per ningú envia, això podia provocar que el primer node en emetre el missatge podia tenir el canal bloquejat durant el temps que ell necessités. Per evitar aquest problema, es va fer que cada node partís els missatges en petits paquets i els envies de un en un deixant un lloc entre ells. Això provocava que els altres nodes poguessin enviar els seus paquets entre mig, per la qual cosa tothom podia compartir la informació al mateix temps. Si dos nodes intentessin enviar al mateix moment un paquet tindríem un altre problema de col·lisió. Per solucionar aquest problema ALOHAnet va proposar una solució, que després d'enviar cada paquet el node escoltes per veure si aquest li és retornat mitjançant un *hub* central. Si rep el paquet enviarà el següent, en el cas que no el revés esperaria un temps aleatori per tornar-lo a enviar per tant com cada node esperaria un temps aleatori qualsevol dels dos seria el primer en provar-ho de nou. Així és resoldrien la major part de les col·lisions.

El problema es que, en una situació de saturació de la xarxa, el nombre de col·lisions pot créixer de forma que s'arribi a un col·lapse per congestió. Per tal de millorar les prestacions de ALOHA, és va definir ALOHA slotted. Aquest té una única diferència amb el ALOHAnet, doncs que els nodes només poden transmetre la informació en uns instants determinats de temps anomenats slots, aquest sincronisme fa que quant un terminal vulgui transmetre dades ha d'esperar a que s'iniciï un nou període. Hi ha un rellotge central que envia una senyal al inici de cada slot, si dos nodes volen enviar al mateix temps és crea una col·lisió, amb el que els dos nodes esperaran un temps aleatori per reenviar la informació, així s'evitarien les col·lisions i augmentaríem l'ús màxim del canal.

L'any 1977, DARPA crea la xarxa packet radio PRnet, a la badia de Sant Francisco. Es va aconseguir interconnectar i enrutar el paquets entre diferents xarxes com ARPANET, PRnet i SATNET.

PRnet va ser dissenyat amb els següents objectius: la forma d'operar de la

xarxa ha de ser transparent pels usuaris. La connectivitat ha de proporcionar una lògica total entre tots els nodes, ha de suportar nodes mòbils. La connectivitat entre les xarxes ha d'oferir una funcionalitat d'encaminament i passarel·la cap a xarxes d'altre tipus. PRnet ha de poder coexistir junt amb altres usuaris d'una determinada freqüència, ha de tenir un desplegament ràpid i poder-se auto-organitzar-se un cop desplegada i per acabar esmentarem la seguretat: ha de ser resistent a la suplantació d'identitat, evitar el trencament de la connectivitat eliminant els enllaços claus, detecció i localització de nodes.

5.2.- Xarxa MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK)

Les xarxes MANET són xarxes Ad-hoc mòbil, consisteix en un conjunt de nodes mòbils que s'auto-organitzen per a poder comunicar-se entre ells sense que intervingui cap altre tipus d'infraestructura prèviament desplegada (com podria ser una antena telefònica o un punt d'accés d'una WLAN). En aquest tipus de xarxa els nodes és van interconnectant entre si a través d'enllaços inalàmbrics de comunicació, aquests poden ser d'un salt o bé de múltiples salts, S'estableixen sense una estructura definida i no requereixen de control centralitzat. Els nodes de les MANET són simultàniament hosts i routers, ja que tant poden executar aplicacions que només utilitzen la xarxa o bé poden participar en l'encaminament de paquets.

El fet d'utilitzar transmissió inalàmbrica influeix decididament en el comportament de les MANET. Les comunicacions inalàmbriques tenen un rang de transmissió en el receptor capaç de rebre i interpretar correctament els senyals enviats per l'emissor, si un node queda fora de rang els i no és capaç de rebre i interpretar la senyal enviada els altres nodes l'ajuden per tal de poder-li enviar paquets de dades enrutant-los salt a salt. Al estar en moviment, els dispositius canvien els seus enllaços dinàmicament, segons la potència de la senyal, l'estat de l'enllaç i l'ample de banda del mateix. Si un node vol establir connexió amb un altre i està fora de rang ha d'haver-hi una ruta formada per nodes intermedis.

Hi ha diversos protocols d'enrutament per a les xarxes MANET, com ara el AODV(**A**d-hoc **O**n **D**emand distance **V**ector), OLSR (**O**ptimized **L**ink **S**tate **R**outing) o DSR (**D**ynamic **S**ource **R**outing) entre altres.

5.2.1.- Història de les xarxes MANET

A l'inici de la dècada dels 80, següent pas lògic en les xarxes AD-HOC era aconseguir que pogués ser una xarxa mòbil i que els nodes es poguessin moure, aparèixer i desaparèixer. Aquestes van ser les xarxes MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK). L'empresa DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), que ja havia finançat anteriorment estudis referents a les xarxes Ad-Hoc, va iniciar la investigació enfocant cap a l'àmbit militar mitjançant el projecte SURAN (Survivable Radio Network), l'objectiu era crear una xarxa Ad-Hoc millorada, que fos mòbil, de baix cost i pogués implementar protocols més complexos que el PRnet.

El progrés en la microelectrònica, el disseny i la manufactura de circuits VLSI, entre d'altres, va generar que es pogués crear un dispositiu anomenat "Node Ad-Hoc" que integrava els dispositius de nodes i xarxes en una única unitat. Això va fer que l'any 1994, DARPA iniciés el programa anomenat GloMo (Global Mobile Information System), el qual va estar destinat a que usuaris inalàmbrics tinguessin els mateixos beneficis que els de la connectivitat que dona Internet, a qualsevol lloc i moment. Aquest mateix any apareix la primera versió del protocol d'enrutament DSR per xarxes Ad-Hoc multi-salt.

A finals de la dècada dels 90 i degut a l'amplia difusió d'Internet i els dispositius portàtils, les xarxes inalàmbriques comencen a ser l'alternativa pels usuaris civils davant de les cablejades. L'any 1997 s'estableix un grup de treball per estandaritzar els protocols d'enrutament de les xarxes Mòbils Ad-Hoc. Aquest, va aprovar la primera versió del protocol d'enrutament 802.11 que defineix l'ús de dos nivells inferiors a la capa OSI, la capa física i la d'enllaç de dades, però no va ser fins l'any 1999 amb l'aprovació de la revisió 802.11b quant les tecnologies inalàmbriques van començar la difusió entre els usuaris. L'any 1998 es publica el protocol per a xarxes MANET, AODV que deriva del protocol d'enrutament DSR, AODV és un dels protocols més utilitzats avui dia per aquest tipus de xarxes.

6.- Xarxes Mesh

6.1.- Història de les Xarxes Mesh

L'any 2004 s'aprova la versió 802.11s de l'estandar 802.11. Aquesta és la primera creada exclusivament per a les xarxes wifi mesh, tot i que el protocol d'enrutament OLSR, utilitzat a les xarxes MANET, s'utilitza per a la construcció de les xarxes Mesh. Més endavant s'han creat altres protocols per aquest tipus de xarxa com ara Batman, BMX o Babel.

De manera paral·lela grups de persones amb coneixement d'informàtica y administració de xarxes comença a veure el potencial d'aquesta nova tecnologia. De manera autogestionada és creen les primeres xarxes comunitàries utilitzant la tecnologia 802.11. Aquella època la comunitat de software lliure ja era potent i existien implementacions per a la lliure gestió i enrutament de xarxes Ad-hoc, que van ser utilitzades com a punt de partida per a desenvolupar el software propi per a les xarxes Mesh.

Aquestes comunitats comencen a organitzar-se i oferir mitjans per enregistrar nous nodes, donar suport tècnic als nous usuaris, fòrums etc.

Actualment tenim molts projectes d'aquest tipus de xarxa al món, creats per Universitats o comunitats d'usuaris. Per exemple a Catalunya tenim la comunitat Guifi.net, que està en gran expansió i tenen un creixement d'adhesió de nodes constant. També al barri de Sants o Gràcia hi ha petites xarxes comunitàries. A sud Amèrica hi ha diverses comunitats de Wifi lliure com ara Lugromesh a Argentina o Bogotà mesh a Colòmbia.

6.2.- Característiques i limitacions d'una xarxa mesh

En aquesta secció és parlarà de diferents característiques presentades per una xarxa mesh. Aquestes tenen diverses característiques peculiars que són molt útils tot hi tenir algunes limitacions.

- **Auto-organització:** La infraestructura de la xarxa Ad-hoc no té una administració centralitzada, aquest funcionament és vital pel benestar de la xarxa. En el seu lloc tots els nodes s'auto-organitzen de manera

distribuïda pel qual l'adreçament i encaminament es determina per sola. Això ajuda a millorar la fiabilitat de la xarxa.

- **Multi-Hop:** Una xarxa Multi-Hop és una en la qual la ruta d'accés de l'origen a al destinació passa per diversos nodes. Cada node connectat a una xarxa sense fils Ad-hoc es comunica amb els altres nodes a través d'enllaços de radio. Per tant, poden ser necessaris diversos salts per arribar a altres nodes a dels seu rang de propagació de ràdio limitat.
- **Wireless:** Cada comunicació dins d'una xarxa Ad-hoc és realitza a través de l'aire. Per tant, hi ha una restricció d'ample de banda i capacitat d'enllaç variables en comparació amb les xarxes cablejades. El mitjà sense fils canviant pot conduir a característiques de la xarxa variables (com ara retards i disminució de l'ample de banda), pel que fa que siguin menys fiables que la xarxa cablejada.
- **Limitacions de recursos:** En general, els nodes utilitzats en una xarxa Ad-hoc consisteixen uns sistemes estancats amb poca CPU, memòria i capacitat d'emmagatzematge. Això pot disminuir la capacitat d'ample de banda. Els protocols utilitzats en les xarxes Ad-hoc procuren mantenir el processament de rutes i paquets tant baix com sigui possible.
- **Wireless Mesh Network actual:** Les xarxes mesh estan en un progrés significatiu. Ja existeixen nombroses implementacions, on diferents serveis de connexió sense fils per a una gran varietat d'aplicacions tant en l'àmbit personal, local, un campus i/o zones metropolitanes.
- **Wireless Mesh Network node:** els nodes d'aquesta xarxa poden ser mòbils o fixes, tot hi que predominen els fixes.
 - **Tipus bàsics de Nodes Mesh:**
 - **Mesh Station (MSTA):** Els MSTa estableixen una infraestructura de tipus troncal (backbone) per als clients. La infraestructura backbone consisteix en una línia o conjunt de línies que connecten les xarxes d'àrea local amb una xarxa d'àmplia connexió o dins d'una

xarxa d'àrea local amb la finalitat d'abastar distàncies majors de manera més eficients. La columna vertebral de la infraestructura es compon dels camins que s'utilitzen per transmetre les dades.

- **Mesh Clients (MC);** Poden ser tant estacionaris com mòbils, poden formar una xarxa mallada de clients entre si i/o amb el Mesh Station.
- Les WMN poden estar connectades a internet mitjançant un Gateway/routers o a altres xarxes mitjançant Gateway/Bridge. Els hosts finals i els nodes d'enrutament no cal que siguin els mateix node, els routers normalment són estacionaris exepcte en les WMN híbrides que són més mòbils.
- **Tràfic:** El tràfic pot ser tant d'usuari a porta d'enllaç com d'usuari a usuari.
- **Cost:** Defineix una tecnologia baixa, tant el software que es necessita per construir-la com el hardware. Aquest és un dels motius pels quals les xarxes Mesh estan creixent a uns passos agegantats.

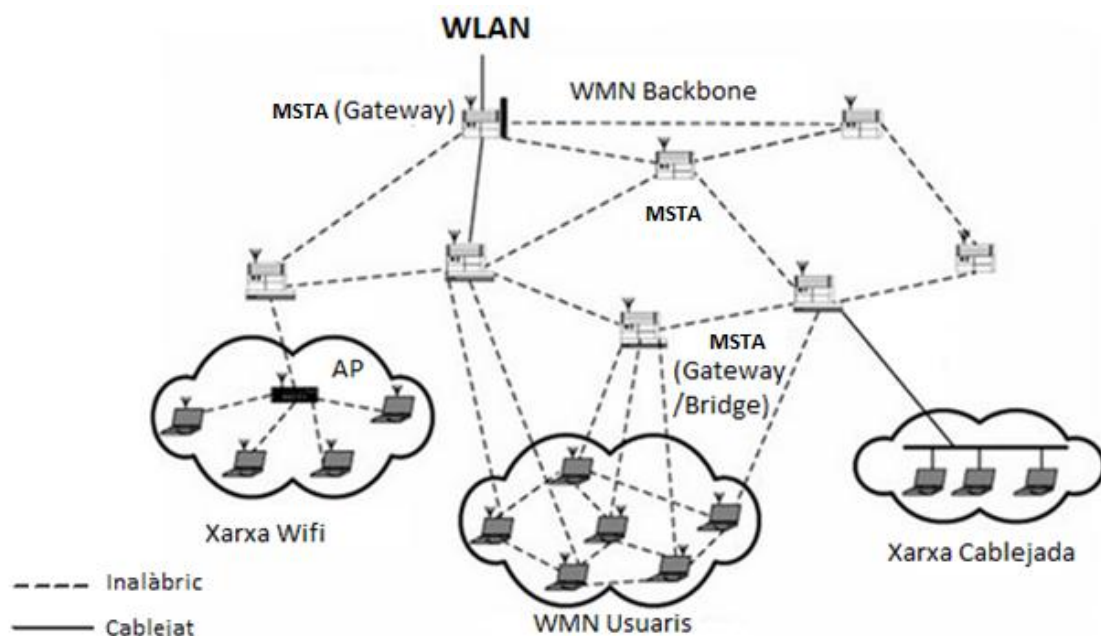


Figura 5 Exemple d'una xarxa mallada sense fils (3)

6.3.- Tecnologies de les Xarxes mallades sense fils

Les tecnologies de les WMN, inicialment podríem dir que són una extensió dels estàndards IEEE802.11 WLAN, avui en dia les tecnologies híbrides cooperen amb la topologia mallada, on els punts d'accés són considerats com a nodes Mesh (poden ser heterogenis i estar interconnectats de manera jeràrquica). On La integració i interconnexió de diferents tecnologies dintre de les xarxes sense fils mallades, com ara, Internet, IEEE802.11, IEEE802.15, IEEE802.16, sensor de la xarxa etc., es pot aconseguir a través d'una porta d'enllaç (Gateway) i les funcions de bridge que poden realitzar el Mesh Stations.

6.4.- Escenaris que poden utilitzar les Xarxes mallades sense fils

- Escenaris de serveis per a usuaris
 - Àrea metropolitana
 - Una llar
 - Comunitat de veïns
 - Campus Universitaris
 - Empreses/Oficines

- Escenaris de serveis d'alt nivell
 - Seguretat i Sistemes de vigilància
 - Automatització d'Edificis
 - Sistemes de salut i Medicina
 - Sistemes de transport
 - Xarxes públiques a una ciutat

A la Figura 6, observem una xarxa mallada sense fils aplicada als serveis públics. Observem com els clients es mouen per la zona, es poden comunicar entre ells gràcies a la xarxa mallada que formen els Punts d'Accés fixes amb els col·locats als cotxes de bombers.

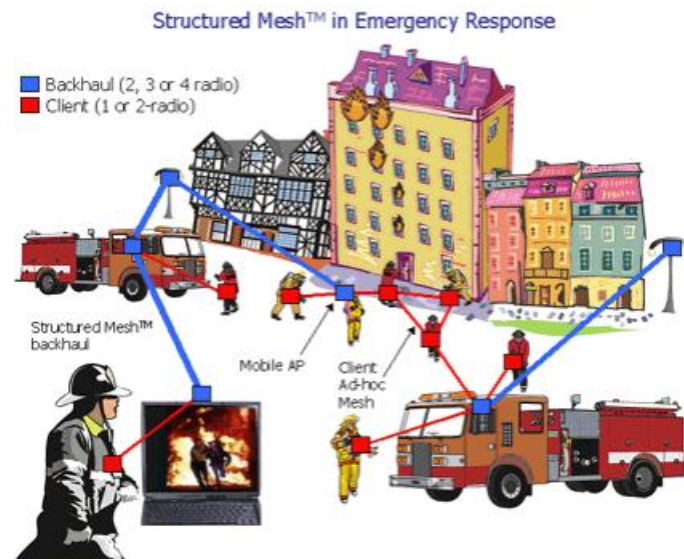


Figura 6 Xarxa mallada sense fils aplicada als serveis

6.5.- Principals opcions d'arquitectura Mesh

6.5.1.- Basada en la topologia

- Topologia Flat (plana)

En una xarxa sense fils mallada plana aquesta està formada per les màquines clients(MC) que actuen tant com a host com a router. En aquesta topologia, cada node està en el mateix nivell que els seus veïns. Els nodes clients sense fils es coordinen entre si per proporcionar l'enrutament, configuració de la xarxa i aprovisionament de serveis. Aquesta arquitectura és més propera a una xarxa sense fils Ad-hoc i és el cas més simple de una xarxa mallada sense fils. La principal virtut d'aquesta arquitectura és la seva simplicitat, per altra banda un dels principals problemes en el disseny d'una xarxa sense fils mallada plana són els esquemes d'adreçament, enrutament i descobriment de serveis. En una xarxa plana l'adreçament podria provocar un coll d'ampolla.

- Topologia Hierarchical (Jeràrquica)

Les xarxes sense fils mallades jeràrquiques, la xarxa té diversos nivells o nivells jeràrquics on els nodes clients que formen la xarxa sense fils mallada formen nivells més baixos de la jerarquia. En la majoria dels casos, els nodes de la xarxa, normalment formen una xarxa troncal (backbone). Això significa que els nodes backbone poden originar o acabar el tràfic de dades igual que

els nodes client. La responsabilitat d'auto-organitzar-se i mantenir la xarxa troncal la proporcionen els routers de la xarxa mallada sense fils, alguns d'aquets poden tenir interfície externa a internet i aquets és diuen nodes de porta d'enllaç (Gateway).

6.5.2.- Basda en el nodes

- **Infraestructura BackBone a les xarxes mallades sense fils**

En aquest tipus d'arquitectura les Mesh Stations (MSTA) es componen de la infraestructura Mesh BackBone per als clients. Aquets es connecten mitjançant diferents protocols d'enrutament, principalment els relacionats amb els 802.11. Actualment la infraestructura BackBone està substituint les xarxes cablejades. Les MSTa formen la xarxa Mesh autoconfigurant-se amb els links d'autocuració. Els Mesh routers Gateway tenen la funció addicional de Gateway/Bridge, per al de poder connectar-se a internet. Els clients amb Ethernet poden connectar-se als routers Mesh mitjançant links Ethernet. Si utilitzen diferents protocols d'enrutament els clients han de comunicar-se amb l'estació base d'Ethernet que es connecta amb els MSTa.

- **Clients de les Xarxes mallades sense fils (Client Mesh)**

Són similars a les xarxes Ad-hoc, els dispositius utilitzen l'estil P2P per connectar-se entre si. Els nodes clients han de realitzar l'enrutament i configurar les funcionalitats per proporcionar aplicacions d'usuari als clients finals. Qualsevol paquet que és destinat a algun node la xarxa ha de realitzar múltiples salts entre els nodes per arribar al seu destí. En general a aquesta distribució els dispositius tant sols tenen un sol tipus de radio. Els usuaris finals han de complir certs requeriments, han de realitzar funcions com ara l'enrutament i l'auto-configuració.

- **Xarxes mallades sense fils Híbrides**

Són un tipus de combinació dels dos tipus d'arquitectura esmentats anteriorment, la infraestructura Backbone i la Client Mesh. Els clients de la xarxa es connecten amb els Mesh routers alhora que aquests els enllacen directament amb els altres clients de manera que formen la malla. Aquest tipus d'arquitectura pot donar connexió a altres xarxes com ara Internet, Wifi, WiMax i sensors de xarxes.

Les capacitats que té aquest tipus de xarxa mallada sense fils és que millora les capacitats d'enrutament que proporcionen connectivitat i cobertura dins d'una xarxa Mesh estàndard- probablement l'arquitectura híbrida serà la que més s'aplicarà en un futur, però encara està en fase de desenvolupament.

6.5.3.- Xarxa Mesh vs Xarxa MANET

A les xarxes MANET els dispositius dels usuaris finals realitzen l'enrutament i la configuració de les funcions de tots els nodes, en canvi en les xarxes mallades sense fils són les Mesh Station qui construeixen l'enrutament i la configuració de la xarxa. Aquestes consumeixen menys energia, per tant, donen capacitats addicionals als usuaris finals mòbils. El decreixent cost dels aparells que són necessaris per construir les xarxes mallades sense fils és una de les principals avantatges també.

En les xarxes MANET la topologia canvia amb freqüència, depèn del moviment dels usuaris, això són tasques addicionals pels protocols d'enrutament i dificulta la configuració de la xarxa. Per altra banda les xarxes mallades sense fils són més senzilles de configurar degut a que les MSTA estan normalment fixes, tot hi que suporta la mobilitat de l'usuari final.

6.5.4.- Elements d'una xarxa mallada sense fils

- **AP:** Punt d'accés sense fils
- **Mesh STA (MSTA):** estació sense fil (STA).
- **Mesh Gate:** Qualsevol entitat MSTA que proporciona accés a un o més sistemes de distribució.
- **Mesh BSS (MBSS):** és un conjunt de serveis bàsics (BSS) que formen una xarxa independent d'estacions MSTA. Un MBSS conté zero o més Mesh Gates.

- **Portal:** És el punt lògic en que es presta el servei d'integració. Aquest és el node que serveix de pont entre 802.11 i les xarxes que no contenen 802.11.

- **Precursor:** És la MSTA que és troba un veí igual camí de la destinació de la MSTA, la identifica com la següent MSTA del següent salt.

7.- Protocols

7.1.- AODV (Ad hoc On Demand Vector Distance)

7.1.1.- Introducció

El Ad-hoc On Demand Vector Distance és un protocol d'enrutament dissenyat per a les xarxes MANET. AODV és capaç tant d'enrutament Unicast om Multicast. Es tracta d'un algoritme reactiu, que significa que construeix les rutes entre els nodes mitjançant la demanda dels nodes d'origen. Manté aquestes rutes, sempre que les fonts segueixin demandant els paquets. A més a més, AODV forma arbres que estan compostos per els membres del grup i nodes necessaris per a connectar-los. AODV utilitza números de seqüència per a garantir el correcte funcionament de les rutes.

Per traçar les rutes AODV utilitza el vector distància, representat per la direcció del node i el destí i nombre de salts. A més a més de les característiques generals de protocols reactius, AODV té unes particularitats que el distingeixen.

- Cap dels nodes té coneixement total de la topologia de la xarxa. Un nodes només té coneixement dels nodes que necessita comunicar-se. Dels nodes que ho necessita coneix a quants salts està i cap a quina direcció ha d'enviar el primer salt per arribar al seu destinatari. AODV s'encamina salt a salt, no se sap quina ruta seguiran els paquets quan es generen.
- Per poder distingir que la informació rebuda és més moderna que la que tenia anteriorment en caché, s'utilitzen hores lògiques. La hora lògica és un identificador del node, en aquest cas la direcció IP, i un número de seqüència associat a aquest, que s'incrementa amb cada informació que s'envia. Tota la informació guardada o enviada per un node porta amb ell una hora lògica.

7.1.2.- Funcionament

La cerca de la rutes s'executa quan un node vol enviar informació a un altre que no es troba a la taula de les rutes. El node font, que així anomenarem al que vol enviar la informació, envia un paquet de tipus Route Quest (RREQ) en

broadcast. L'enviament en broadcast significa que es reben per tots els nodes que estiguin al seu rang de transmissió.

Els nodes que reben aquest paquet actualitzen la informació pel node origen i estableixen els punters pel node origen a les taules. A més de la direcció IP del node origen, nombre de seqüència actual i el ID d'emissió, el RREQ també conté el número de seqüència més recent pel destí o si tenen una ruta cap al número de seqüència més recent pel destí que el node font n'és conscient. Un node que rep el missatge RREQ pot enviar una resposta de ruta RREP. Aquest recorre el mateix camí però en sentit contrari al qual ha estat recorrent el RREQ fins que arriba al node que ha realitzat la petició. Tot i així, un paquet RREP no s'envia per broadcast, sinó que cada node el rep d'un dels nodes que prèviament li han enviat el RREQ i el reenvia al node del qual ha rebut el RREQ i segueix completament el camí unidireccional fins a arribar al node font. Per aquesta raó tots els nodes guarden temporalment l'origen dels paquets RREQ que han rebut.

Cada cop que un node rep un RREP, sense importar si es un simple intermediari o no, s'afageix o actualitza a l'entrada a la taula de rutes incloent la hora lògica. Una particularitat de AODV és que una entrada a la taula de rutes solament conté el destí final, o sigui l'origen del RREP, la distància i el node veí a través del qual li ha arribat el missatge, tant sols la distància mitjançant els nombre de salts i quin és el node veí que aconsegueix portar-lo fins a ell. La ruta, per tant, es va construint a mesura que va avançant el paquet per la xarxa, d'aquesta manera aquest no sap quina ruta haurà de seguir. Cada node rep un paquet i l'envia a un del nodes veïns que hi ha a la seva taula sense saber a quin altre node l'enviaran més endavant.

Per intentar evitar perdre rutes vàlides constantment, cada cop que un node rep un paquet, ja sigui RREP o RREQ, o qualsevol dels altres paquets de dades que no sigui del propi protocol AODV, l'emissor d'aquesta informació és actualitzat i refrescat la hora lògica que el precedeix. Això provoca que si una s'utilitza normalment i funciona correctament aquesta no caduqui.

Els nodes també realitzen tasques de manteniment de les rutes. En el cas de que alguna es torni inoperativa, s'envia el paquet anomenat Route Error (RERR) ruta errònia.

Hi ha tres situacions on és generarà aquest paquet, si es detecta un enllaç trencat per el següent salt d'una ruta mentre s'estaven transmetin dades, on s'envia el

paquet RERR als nodes de la taula que han deixat de ser accessibles al perdre la connexió amb el seu veí, o bé si rep un paquet de dades per un destí que no està a la seva taula de rutes i si és rep un paquet RERR d'un veí que afecti a una o més rutes actives.

Els nodes que han de rebre els paquets RERR són tots aquells veïns que formin part a la llista de precursors de les rutes que tinguin com a destí al menys un dels nodes inaccessible. Recordem que precursors no es més que una llista de nodes que han estat utilitzant a través del node.

En el cas que fos un únic node el que necessita rebre RERR, llavors s'hauria d'enviar de manera unidireccional cap aquest veí. És possible agrupar diferents destins que siguin inaccessible en un sol paquet RERR i poder enviar-los simultàniament per broadcast. Capa veí que rebí el missatge comparará un per un buscant si existeixen nodes afectats a les seves taules de rutes. D'aquesta manera, enviant un paquet ens podem estalviar varis missatges.

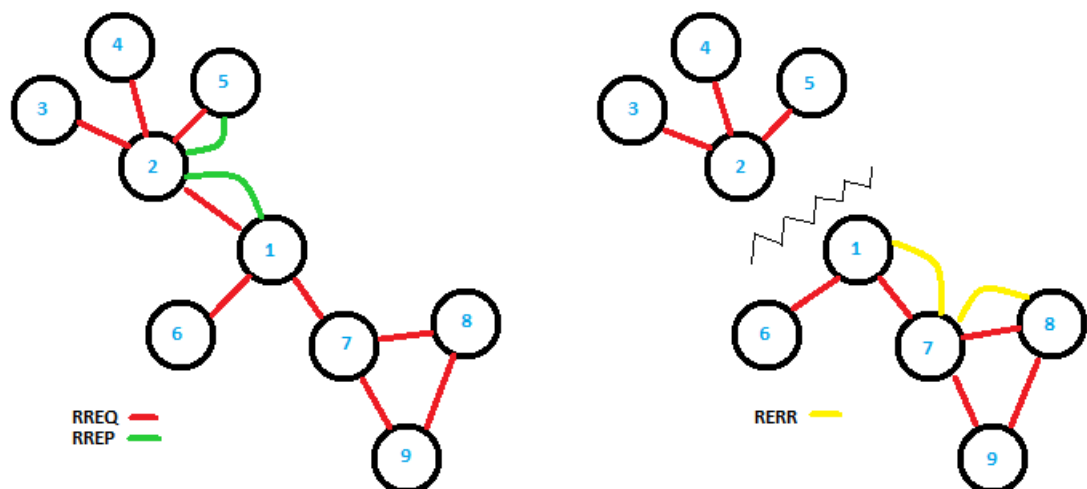


Figura 7 A la dreta expansió de paquets entre nodes i les seves respostes - l'esquerra Connexió infroctuosa entre dos nodes

7.2.- BATMAN (Better Approach To Mobile Adhoc Networking)

7.2.1.- Introducció

El protocol BATMAN ha estat dissenyat per Freinkfunk, una comunitat sense ànim de lucre. En el protocol BATMAN cap node té la informació completa de la topologia de la xarxa. En canvi, per construir la seva taula d'enrutament, emmagatzema la millor direcció per a cada node. Quan parlem de direcció, ens referim a l'enllaç inalàmbic d'un salt que connecta a un node amb l'altre. Per a cada enllaç inalàmbic de un salt, es connecten paquets que arriben de cada node. L'enllaç pel qual arriben més paquets de un node en concret, serà el millor enllaç per a enviar paquets al node en qüestió. De manera que es comparteix el coneixement de la topologia de la xarxa, i cada node tant sols emmagatzema la millor direcció per a cada destinatari.

7.2.2.- Funcionament

El protocol BATMAN es distingeix entre nodes i interfícies.

Un node pot tenir més d'una interfície formant part de la xarxa. El paquet utilitzat per informar al altres sobre la presència de un node és diu OGM (OriGenerator Message). BATMAN utilitza números de seqüència per a diferenciar informació nova i obsoleta, és fa ús d'una finestra per emmagatzemar el números de seqüència, fins que són considerats fora de rang. La quantitat de números de seqüència emmagatzemats a la finestra com a mètrica per determinar la qualitat dels enllaços i rutes.

Com hem mencionat anteriorment, un node BATMAN, utilitza paquets OGM per anunciar la seva presència a la resta de la xarxa. Això ho fa de forma periòdica. El missatge OGM es retransmès a tots els seus veïns, aquests per la seva banda, els retransmeten als seus. El nombre de OGM's rebuts de un node donat a través de cada veí s'utilitza per a calcular la qualitat de la ruta. Es a dir, si rebem OGM's de un node determinat a través de diferents veïns, aquell veí del qual hem rebut més missatges OGM serà l'escollit per realitzar el següent salt en al ruta de l'emissor del OGM. Els OGM retransmesos per enllaços pobres o lents tardaran més en propagar-se, o bé és produiran pèrdues o corrupcions de les dades, afavorint la correcta propagació dels OGM que viatgen per els bons enllaços.

Per registrar i mantenir actualitzada la informació sobre les rutes s'utilitza una llista, on es registren tots els nodes dels quals hem rebut com a mínim un missatge OGM. Per això és guarden, entre altres coses, la direcció IP, el temps

que a transcorregut des de que s'ha rebut l'últim OGM, el seu número actual de seqüència i una llista de informació de veïns. En aquesta llista es manté, per a cada veí del node, una estructura de finestra lliscant que va emmagatzemant els últims OGM rebuts. Per cada número que està dins dels límits de la finestra es reflexa si s'ha rebut o no el OGM corresponent. Aquest no serveix per a calcular la mètrica de la ruta cap a l'emissor del OGM a través del veí associat a la finestra. Si rebem un OGM amb número de seqüència dins dels límits de les finestres, no s'actualitza res. Però si rebem un número de seqüència que no està comprès en la finestra, a l'actual número de seqüència s'assigna el que hem rebut i per la qual cosa la finestra es mou.

A més a més, si el node ofereix un accés a xarxes diferents a BATMAN s'ha d'annexar un missatge d'extensió HNA (HOST NETWORK ANNOUNCEMENT) per cada xarxa que vulgui anunciar.

7.3.- OLSR (Optimized Link State Routing Protocol)

7.3.1.- Introducció

És tracta d'un protocol proactiu basat en la optimització dels clàssic protocols link-state o estat d'enllaç. A diferència del protocol AODV, OLSR és un protocol proactiu, es a dir, periòdicament s'envien missatges per mantenir les taules d'enrutament actualitzades. OLSR funciona en xarxes amb un nombre elevat d'usuaris, nodes, i amb una topologia canviant. Per a dur un control, s'intercanvien periòdicament missatges de tal manera que es va aprenent la topologia de la xarxa i l'estat en qual és troben els nodes veïns.

OLSR és adequat per a xarxes on el tràfic es produeix entre un gran nombre de nodes, i no entre un grup petit només. Com més gran és la xarxa més s'optimitza el rendiment del protocol OLSR en comparació amb el protocol link-state clàssic. Es va dissenyar per treballar en un ambient completament distribuït, sense la necessitat d'una entitat central. Tampoc requereix que la transmissió de paquets del protocol es realitzi d'una manera fiable. Al enviar-se els paquets periòdicament s'assumeix que molts d'ells es perdran pel camí però això passa amb relativa freqüència a les xarxes inalàmbriques. L'intercanvi de molts paquets en una xarxa Mesh, provoca una congestió a la xarxa i suposa un greu problema en les comunicacions. Per a poder solucionar aquests problemes el protocol OLSR utilitza els Multi Point Relay (MPR) o relé de

multipunt. Els MPR's són els nodes de la xarxa encarregats de retransmetre un paquet broadcast (difusió). El nombre total de MPR que retransmeten un paquet és sempre menor al nombre total de nodes que té la xarxa. A conseqüència d'aquest fet es disminueix considerablement el cost per les inundacions de paquets broadcast. Per altra banda, el protocol segueix proporcionant als usuari rutes òptimes degut a que els paquets segueixen arribant als tots els nodes de la xarxa.

Com ja hem comentat anteriorment OLSR és un protocol proactiu, això vol dir que l'intercanvi d'informació sobre la topologia de la xarxa es realitza periòdicament, en comptes de fer-ho sota demanda, com passaria en un protocol reactiu. Els protocols proactius tenen l'avantatge de ser més ràpids en les primeres connexions, ja que la topologia de la xarxa els coneix prèviament i no és necessari calcular-la abans d'enviar cada paquet. El desavantatge, però, és que els protocols proactius s'hagin de estar enviant paquets de control periòdicament, el que fa que hi hagi una sobrecarrega a la xarxa. En els protocols reactius també hi ha aquesta sobrecàrrega però només es dona en el moment que la demanda de paquets és alta.

Per a OLSR existeixen varies implementacions actuals que funcionen en varis sistemes.

- **NRL-OLSR**: Implementació realitzada pel Naval research Laboratory d'Estats Units. Suporta IPv6 i diferents sistemes operatius com ara Windows, Linux i MacOS. És altament configurable i té la possibilitat de mostrar molta informació de l'estat actual del node.
- **OLSRD**: Sota la llicència BSD, aquesta implementació és la més estesa del protocol, funciona sota multitud de sistemes com ara Windows, Linux, MacOS o Android. Compleix completament amb RFC, tant les funcions bàsiques com les addicionals. Permet l'ús de IPv4 i Ipv6, i és utilitzat en milers de nodes en l'actualitat.
- **INRIA_OLSR**: Creat per INRIA és una implementació que funciona amb Linux i Windows i només suporta IPv4. Escrit en C++, també compleix de manera completa el RFC. Ha estat provat en simulacions de cents de nodes.

- **OpenWrt:** Projecte iniciat al gener del 2004, inicialment basat en els nodes WRT54G i un Buildroot del projecte uClibc. Aquesta va ser coneguda com la versió estable de OpenWrt i ha estat àmpliament utilitzada. Basada en el sistema Linux, però és compatible en Windows o MacOSX. Permet l'ús tant de Ipv4 com Ipv6 i ofereix una constant connexió entre els nodes.

7.3.2.- Funcionament

Per començar a explicar el protocol OLSR il·lustrarem el funcionament de la seva tecnologia més característica, els nodes Multi-Point Relay. Com hem explicat anteriorment, un protocol proactiu corre el risc de saturar la xarxa amb els enviaments massius de paquets. Per impedir la congestió de la xarxa, OLSR utilitza els nodes MPR. Això consisteix en seleccionar un mínim de conjunt de nodes veïns, aquells amb els que la comunicació és directa sense la necessitat d'utilitzar nodes intermediaris, que siguin capaços d'arribar a tots els nodes que es troben a dos salts de distància, els veïns dels veïns. D'aquesta manera, un node selecciona un conjunt de nodes MPR i tant sols intercanviarà missatges amb ells. Així s'evita l'enviament massiu de missatges broadcast a tota la xarxa.

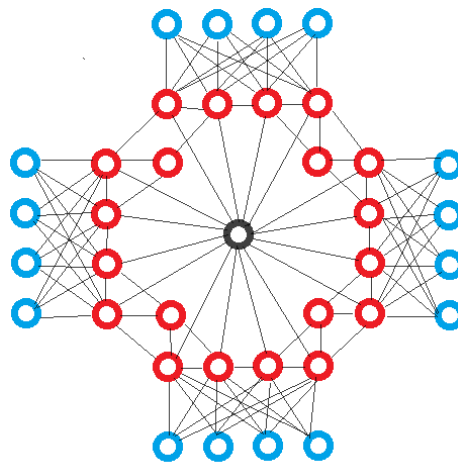


Figura 8 Exemple de connexions a una xarxa Mesh

Sense cap dubte, inundar la xarxa de missatges broadcast provocaria que un node rebés innecessàriament el mateix missatge repetides vegades i tots l'haguessin de replicar una vegada. En la imatge que tenim anteriorment, que és un cas extrem degut a la concentració de nodes, es produirien 20 missatges broadcast i cada node podria rebre uns 5 missatges. Això té un cost enorme tant per l'ample de banda, per a la CPU per a processar els missatges que

arriben, com de bateria per l'enviament. Això és negatiu per a les AD-hoc en general.

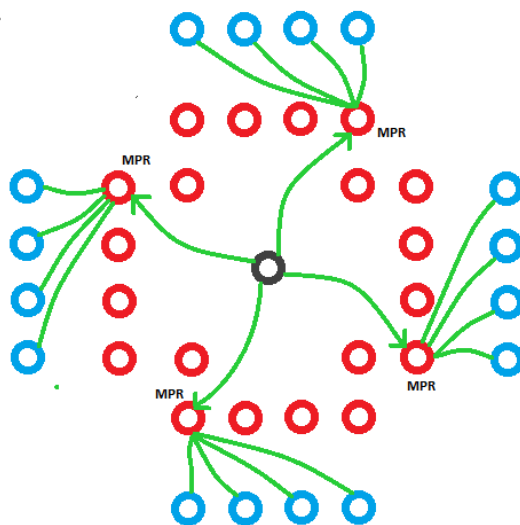


Figura 9 Selecció nodes MPR (Multi Point Relays)

OLSR optimitza l'enviament indiscriminat de missatges broadcast. Com podem observar en la imatge anterior el node central ha seleccionat uns nodes com a Multi Point Routers. La característica d'aquests nodes és que són capaços d'arribar a tots els nodes que es troben a dos salts de distància i sent el mínim de nodes escollits. Així eviten, que hi hagi varis nodes que arribin als mateixos veïns innecessàriament. Quan els nodes necessiten enviar informació de control la resta de la xarxa enviarà un missatge de difusió (broadcast) amb un TTL (Time To Live) major que 1m com es fa en els protocols com AODV o DSR. La diferència és que en OLSR els enviaments broadcast només seran retransmesos per aquells nodes que hagi estat designats MPR pel node emissor. D'aquesta manera tant simple ens estalviem moltes transmissions i processos innecessaris obtenint un mateix resultat: que tots els nodes de la xarxa rebin el missatge. En aquest cas passaríem a enviar tant sols 4 missatges i cada node com a molt el rebria dos vegades

Abans de continuar explicant com els nodes resolen quin són els nodes MPR, estudiarem com es realitzen les comunicacions OLSR. El paquet bàsic d'OLSR està dividit en tres parts: la capçalera del paquet, la capçalera del missatge i les dades del missatge. Un paquet OLSR enviat tindrà tant sols una capçalera de paquet amb la següent informació:

- **Longitud del paquet:** Mida que té el paquet en bytes, incloent la capçalera.
- **Número de seqüència:** Número de seqüència del paquet que es va incrementant en una unitat cada cop que s'envia. S'utilitza per saber com d'actual és la informació que conté el paquet.

En un mateix paquet OLSR pot haver-hi diferents missatges, cada un amb la seva capçalera i informació corresponent. La capçalera d'un missatge té els següents camps.

- **Discriminador:** Serveix per conèixer quin és el tipus de missatge que conté la capçalera. Existeixen quatre tipus de missatge per a OLSR. HELLO, MID, TC i HNA.
- **Temps de vida:** Indica durant quant temps després de la recepció del missatge de la informació que conte deu ser considerada vàlida.
- **Longitud del missatge:** Ens indica la mida de la informació que ens ve just després de la capçalera.
- **Direcció Origen:** La direcció del node que crea el missatge originalment. És important recalcar que aquesta informació pot ser diferent a la que trobi a la capçalera IP. Això pot succeir degut a que un node hagi fet d'intermediari des del node d'origen fins al destinatari. Per la qual cosa aquest camp no s'ha de modificar mai.
- **TTL (Time To Live):** El TTL és l'atribut que conté qualsevol paquet UDP i medeix quants salts ha de donar un missatge a través dels nodes. En els protocols AODV i DSR, els TTL s'utilitza per realitzar aquesta funció, però, en OLSR reserva un camp a la capçalera del missatge per aquesta tasca. Això es així degut a que un mateix paquet pot coexistir amb diferents missatges i cada un pot tenir un TTL diferent.
- **Nombre de Salts:** És el nombre de salts que ha realitzat un paquet des de el node origen fins al destinatari.

- **Número de seqüència:** Número de seqüència del missatge. A de ser únic per a cada un dels missatges que envii el codi font. Com a la resta de nombres de seqüència que trobem als altres protocols, s'utilitza per a conèixer si el missatge ja ha estat rebut pel node i pot descartar els paquets duplicats i/o antics.

Després de la capçalera del paquet ens trobem amb el primer missatge i la seva informació relacionada. Es possible que darrer d'aquest primer missatge ens en trobem més consecutivament, de manera que s'aprofita l'enviament d'un paquet al màxim. Com veiem, OLSR està optimitzat per a minimitzar el nombre mínim transmès pel node.

Per a confeccionar la llista de nodes MPR (Multi Point Router), cada node envia periòdicament el missatge HELLO a tots els seus veïns transmetent-lo mitjançant broadcast. Aquest tipus de paquet té assignat el Time To Live a 1, per la qual cosa el missatge només arriba als nodes que trobem a un salt de distància. No és retransmès per tota la xarxa ja que només interessa als nodes veïns.

7.3.2.1.- Missatge HELLO

El missatge HELLO conté una altra petita capçalera amb la següent informació:

- **Interval de temps:** aquest camp especifica l'interval d'emissió utilitzant per transmetre els missatges HELLO al node.
- **Diposició:** Aquest camp especifica la disponibilitat del node per transportar i retransmetre el tràfic fins als altres nodes. És útil per als nodes conèixer la disposició alhora de seleccionar el MPR.

Seguit de la capçalera trobem la llista dels veïns organitzats de la següent manera:

- **Codi d'enllaç:** És el tipus de connexió que mantenen actualment amb els veïns que s'especifiquen a continuació. Aquest camp realment es divideix en dos:

- **L'estat de l'enllaç:** Els valors que poden tenir a aquest camp són simètrics, asimètrics, no específics o perduts.
 - **El tipus de veí:** Amb valors molt similars als anteriors, indica si els nodes són veïns MPR i si tenen connexions simètriques o asimètriques.
- **Mida del missatge d'enllaç:** Mida dels veïns que vindran posteriorment.
 - **Direccions dels veïns:** La llista de direccions dels veïns que tenen aquests tipus de connexió determinat anteriorment.

Es pot apreciar que un mateix paquet HELLO pot venir amb diferents llistes de veïns classificats pel codi d'enllaç que depèn del tipus d'enllaç que mantinguin amb el node emissor. Aquets missatges HELLO contenen els nodes veïns del nodes emissor. D'aquesta manera cada node coneix als seus veïns, però també els veïns d'aquests, és a dir, té coneixement de tots els nodes que es troben a dos salts de distància.

Cada node generarà dues taules amb la informació obtinguda dels paquets HELLO. A la primera és on es troben tots els seus veïns, és a dir, tots els nodes dels que va rebent els paquets HELLO, junt amb la direcció de cada node. A més a més, es guarda l'estat de l'enllaç que manté amb ells. Els possibles valors que pot tenir aquest atribut són: MPR bidireccional o MPR unidireccional. L'enllaç és considera unidireccional quant el node que rep els paquets HELLO però no està inclòs com a veí. Això li suggereix al node que rep els paquets però no passa a la inversa, cosa que fa que el node extern no el pugui considerar veí.

Amb la informació de la taula anterior, més el coneixement dels veïns que es troben a dos salts i qui és el veí que els connecta, es genera la segona taula. Per realitzar-ho es crea un algoritme de mínims conjunts, tenint en compte la disponibilitat dels nodes i es calcula quins són els nodes MPR. Un cop realitzats els càlculs, en aquesta segona taula es guarden els nodes de dos salts i a través del node MPR s'accedeix a ells. Per tan, simplement amb els missatges HELLO ja tenim coneixement de com és la nostra xarxa amb un

radi de dos salts. A més de la informació dels nodes veïns, els missatges HELLO afegeixen quins d'ells han estat seleccionats pel node emissor per què siguin els seus MPR. Per la qual cosa, quan es rep un paquet HELLO, a més a més de conèixer la topologia de la xarxa a un o més salts, sabrà si ha estat seleccionat pel seu veí com a MPR i per tant estarà amb la obligació de reenviar els missatges de control que li enviïn a partir d'ara.

7.3.2.2.- Misstatge TC

Existeixen els missatges de Topology Control (**TC**). Un missatge que conté els següents camps:

- **Número de seqüència de transmissió de veïns:** Un número de seqüència per a conèixer si la informació transmesa és moderna o no.
- **Llista de veïns públics:** La llista amb les direccions dels veïns del node.

Un missatge TC és enviat per un node a la xarxa per a declara un conjunt d'enllaços, els quals han d'incloure com a mínim els enllaços amb tots els seus nodes MPR. Els TC tenen el Time To Live màxim permès, amb l'objectiu d'arribar a tots els nodes de la xarxa. Són transmesos per broadcast, però al ser un missatge de control OLSR, tant sols el reenviaran als nodes MPR de l'emissor i si no ho havien fet anteriorment.

Quant un node detecta que arriba un missatge de control OLSR per broadcast, comprova si el node que ha enviat el missatge està a la seva llista de MPR. Si és així llavors tornarà a enviar el missatge de nou per broadcast. Per la qual cosa, tots els seus enllaços MPR que no haguessin rebut el missatge prèviament tornarien a enviar-lo de nou, i així successivament, expandint-se per la xarxa com una columna vertebral (BackBone). D'aquesta manera s'aconsegueix que la informació arribi a tots els nodes de la xarxa però que tant sols retransmetin uns pocs evitant la saturació.

Tots els nodes de la xarxa envien periòdicament i de forma asíncrona missatges de tipus TC. Pot passar que un node detecti un canvi en la topologia i i enviï el paquet TC més ràpid. Tant mateix, si es detecta que la

xarxa no ha sofert cap canvi pot ometre enviar-lo. Amb aquets paquets que contenen almenys la taula dels MPR seleccionats pel node font, els nodes generen una tercera taula denominada topològica amb la informació de tota la xarxa, a l'igual que tenen una amb els veïns i una altra amb els nodes a dos salts generades anteriorment amb la informació transmesa pels missatges HELLO.

Gràcies a les taules creades pels missatges de control, els nodes poden generar la taula de la ruta amb tots els nodes de la xarxa.

7.3.2.3.- Altres tipus de missatge

Tenim dos missatges que podem trobar dintre de OLSR. El Host and Network Association (HNA) permet connectar la xarxa OLSR amb altres xarxes a través dels nodes d'enllaç. També existeixen els missatges Multiple Interfaces Declaration (MID) que permeten a un node tenir diverses interfícies de xarxa inalàmbrica funcionant per a la mateix OLSR.

7.3.2.3.1.- Els missatges MID

El protocol OLSR té suport per a múltiples interfícies a cada node, això és, un mateix node pot tenir més d'una interfície que està executant OLSR. Per exemple, podem imaginar un ordinador portàtil amb dos targetes WLAN 802.11, o bé una WLAN 802.11 i una WPAN Bluetooth. Independentment de la tecnologia d'accés a la xarxa utilitzada a ambdues interfícies poden formar part de la xarxa mallada sense fils inalàmbrica, cada una amb la seva direcció IP associada. La resta de nodes han de saber que aquestes direccions pertanyen a interfícies de un mateix node, es a dir, han d'associar el node amb el conjunt d'interfícies. Aquesta informació és necessària per calcular correctament les taules d'enrutament.

A OLSR cada node que posseeixi múltiples interfícies participant de la xarxa, han d'anunciar periòdicament les direccions mitjançant els missatges MID. Els missatges MID es transporten per tota la xarxa

mallada sense fils fent us del mecanisme de inundacions optimitzat que proporcionen les MSTAs.

7.4.- IEEE 802.11s

7.4.1.- Introducció

Revisió del protocol d'enrutament IEEE 802.11 actualitzat per a les xarxes wifi Mesh. Defineix com es connecten els dispositius inalàmbrics per a poder formar una WLAN Mesh o mallada. Proporciona una arquitectura i protocols que pretenen el reenviament de trames i la selecció de camins a nivell 2 (enllaç de dades) del model OSI. L'enrutament es fa mitjançant HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol). Aquest protocol ha de ser implementat obligatòriament per a tots els nodes Mesh, tot hi que puguin utilitzar protocols addicionals.

La principal avantatge d'aquest estàndard és que introdueix un mecanisme d'enrutament a la capa 2 (MAC), fent-lo aparèixer com un sistema LAN (802.x) per a protocols de capes superiors, no tant sols en qüestions d'encaminament Mesh. Però el fet que l'enrutament de IEEE 802.11s funcioni també en una capa d'enllaç de dades també és pot convertir en un desavantatge, ja que d'aquesta manera no es pot aprofitar l'estructura jeràrquica de protocols de direccionalment superiors com els IP, ni interconnectar diferents xarxes. Aquest fet fa que sigui complicat enrutar només paquets amb HWMP en les xarxes Mesh de mitjà o gran mida. Per aquest motiu és necessari combinar 802.11s amb altres protocols de capes superiors.

7.4.2.- HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol)

HWMP proporciona tant la selecció de camí proactiu com la del reactiu en la selecció de la ruta. Una estació d'acoblament que ha de transmetre una trama a un lloc desconegut pot descobrir dinàmicament la millor ruta a aquesta destinació. Les Mesh Station (MSTA) també poden descobrir de forma proactiva la MBSS i determinar les millors rutes d'accés a qualsevol punt del núvol de la xarxa mallada avanç d'enviar cap trama de dades.

Misastges de Control de HWMP:

- Path Request (PREQ)
 - Path Reply (PREP)
 - Path Error (PERR)
 - Root Announcement (RANN)
- **Mode baixa demanda (Reactiu):** Quan una MSTA necessita trobar una ruta mitjançant el mode de baix demanda, propaga a tota la xarxa un missatge PREQ amb la MSTA de destí i amb el número de seqüència 0. Al rebre un PREQ, la MSTA intermitja crea una ruta fins la MSTA origen o actualitza la ruta que ja tenia i propaga el PREQ en el cas que aquest contingui un número de seqüència superior. Els missatges PREQ no només permet al node que l'origina de la ruta que ha de seguir per arribar al destí sino que també serveix per a que els nodes intermitjos actualitzin la ruta fins al node emissor del missatge. Un cop que el missatge arriba al node destí, aquest genera un missatge de resposta PREP destinat exclusivament a l'origen. Es a dir, el PREP no inunda tota la xarxa, sino que segueix el camí invers traçat pel PREQ.

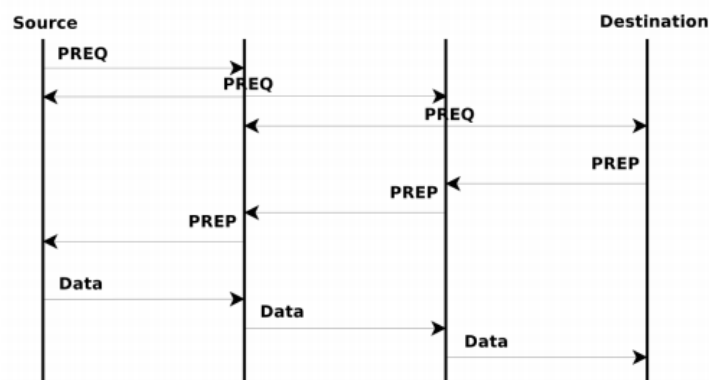


Figura 10 HWMP reactiu (4)

- **Construcció en mode arbre (Proactiu):** Existeixen dos mecanismes que permeten propagar la informació d'enrutament per trobar el node arrel de manera proactiva. El primer utilitza el missatge PREQ proactius per crear rutes entre el node arrel i tots els altres nodes de la xarxa. El segon mètode utilitza el missatges RANN per disseminar la informació cap al node arrel. El procés de construcció de l'arbre comença amb l'enviament proactiu d'un missatge PREQ per part del node arrel, amb TO = 1. El PREQ conta la mètrica de distància (inicialment posada a 0 als nodes arrel) i un número de seqüència. Aquest missatge es enviat

periòdicament per node arrel amb números de seqüència creixent. Quan una MSTA rep un PREQ, contestarà al node arrel amb un missatge PREP.

En el cas del RANN proactiu, periòdicament LA MSTA arrel inunda la xarxa amb els missatges RRAN, aquests missatges contenen informació sobre la mètrica de les xarxes cap el node arrel. Els missatges RRAN serveixen per a disseminar la informació sobre la ruta cap als nodes arrel, però a diferència dels paquets PREQ no són utilitzats per actualitzar les rutes. En el cas que un node rebí un missatge RRAN i ha d'actualitzar o crear la ruta fins al node arrel, aquest envia immediatament un missatge PREQ Unicast al node MSTA que li ha enviat el RRAN.

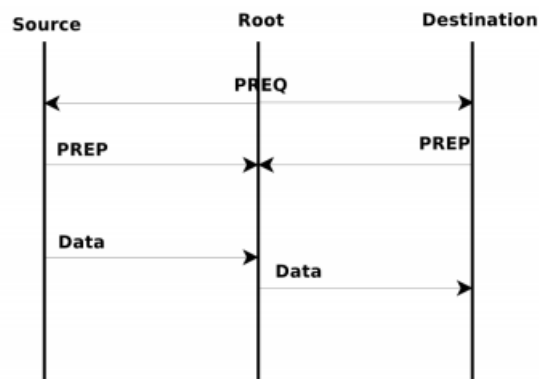


Figura 11 HWMP PREQ proactiu (4)

- **Missatges d'error (PERR):** el missatge PERR és utilitzat per anunciar destins on no es pot arribar, ja sigui per enllaços trencats, per caiguda de nodes o per no tenir la informació per arribar al seu destí. Quant un node detecta un enllaç trencat amb un veí i aquest forma part d'una ruta activa, el node en qüestió forma part de la ruta activa, aquest envia el missatge PERR anunciat a tots els nodes que deixin ser d'estar a l'abast de la ruta. Els nodes que reben el PERR actualitzen la seva informació i la reenvien als seus veïns precursors a la ruta invalidada.

8.- Validació Pràctica

8.1.- Hardware (Ubiquiti Nanostation Loco M2)

Els models de la marca Ubiquiti són els que més s'utilitzen pels usuaris finals, i s'utilitzarà el model Ubiquiti Nanostation Loco M2. La relació qualitat preu i la seu disseny, és un dispositiu petit i encaixa bé a molts llocs, són factor de la popularitat que te a nivell d'usuaris.



Figura 12 Ubiquiti Nanostation Loco M2 (5)

Les característiques principals són:

- Processador: Atheros MIPS KC, 400 MHz
- Memòria: 32 Mb SDRAM, 8 Mb Flash
- Guany de l'antena: 8 dB
- Estàndard inalàmbrics: 802.11 b/g/n
- Potència: PoE passiu 24 V, 0.5 A

8.2.- Software

8.2.1.- OpenWRT

OpenWRT és una distribució basada en el sistema Linux, però que s'adapta a altres sistemes operatius com ara Windows o MacOS. S'ha convertit en la distribució Linux més popular. Avui en dia suporta molts dispositius, incloent el que utilitzarem, Ubiquiti Nanostation Loco M2.

Una de les causes de la seva popularitat és que hi ha molts paquets inclosos que poden ser fàcilment compilats per a generar una imatge específica de firmware. Al llarg d'aquets paquets, n'hi ha que són compartits amb els protocols d'enrutament BATMAN i OLSR.

8.2.2.- Commotion

Commotion és un sistema operatiu Linux basat en OpenWrt, i en el protocol d'enrutament OLSR. Aquest executa uns scripts per inicialitzar el sistema. Inicialitza la xarxa, la configura amb les adreces corresponents i configura els protocols d'enrutament necessaris. Commotion vol proporcionar un servei en situacions d'emergència i altres situacions dinàmiques.

8.2.2.1.- Direccions IP, enrutament i Internet

Cada Host en un segment de la xarxa connectat ha de tenir una direcció IP única. En una xarxa gestionada estil punt d'accés, els punts d'accés reparteixen les direccions IP úniques que utilitzen el protocol DHCP. En les xarxes Ad-hoc petites la gent sol coordinar de maner informal alhora d'escollir les direccions IP úniques. Les xarxes mallades Ad-hoc poden ser bastant grans, i el problema que es genera és la selecció de direccions IP úniques i sense una autoritat central, es multiplica.

Cada dispositiu de la xarxa, incloent els telèfons mòbils, tenen un identificador de 6 bytes únic anomenat MAC (Media Acces Control), a vegades anomenat direcció hardware, que per lo general és mostra com sis grups de dos dígitos hexadecimal, decimals que poden estar en norma general separats per dos punts o guions.

Els Routers Commotion poden escollir les seves direccions IPv4 d'una part de la direcció MAC única del dispositiu, que provablement això farà que sigui únic. Específicament la direcció IP de malla d'un node Commotion és 100.m4.m5.m6 on m4, m5 i m6 són el quart, cinquè i sisè byte de la direcció MAC del dispositiu de la xarxa, amb una màscara de xarxa de 255.0.0.0. Donat que les direccions IP 100.0.0.0/8 són tècnicament enrutables i s'estan assignant formalment a Internet, una malla commotion ha de ser tractada com una xarxa privada.

Els Punts d'accés Commotion utilitzen les direccions IP 10.m5.m6.1 on m5 i m6 són els bytes finals de la MAC, i entreguen direccions DHCP 10.m5.m6.2/225 pels clients inalàmbrics de la xarxa. Els AccessPoint (AP) utilitzen la NAT (Network Address Translation) per tenir tots els Mesh Clients connectats al món de la xarxa. Una de les avantatges és que el creixement d'usuaris no afecta als usuaris que ja formen part de la xarxa.

Des de Commotion no s'utilitza la NAT, un cop que la STA està connectada a través de la xarxa mallada Commotion, tots els equips de la malla es poden connectar directament amb la seva. Tots els equips són igualment accessibles. Això està bé si s'està executant el seu propi servidor web o aplicacions peer-to-peer, y també significa que es voldrà un firewall en funcionament.

La informació d'enrutament sobre les xarxes 100.m4.m5.m6 i altres connectades a la malla Commotion, es comparteixen per tota la malla mitjançant missatges HNA. Aquests missatges del protocol OLSR bàsicament comuniquen els nodes, "Jo 10.m4.m5.m6, puc enviar a la xarxa 100.m5.m6.0/24". Si un node Commotion te connexió a Internet, contesta mitjançant un missatge HNA dient, "Jo 10.m4.m5.m6, puc enviar a la xarxa 0.0.0.0/0". Les taules d'enrutament de cada node s'actualitzen dinàmicament mitjançant aquestes rutes de la xarxa. Els Mesh Clients no tenen coneixement directe de les rutes, però poden posar-se en contacte de totes maneres a través de la Mesh GateWay predeterminada.

És molt comú en la informàtica utilitzar el 0 com valor que indica una condició especial. La direcció IP 0.0.0.0 significa "aquest dispositiu" i s'utilitza si s'està iniciant el sistema i no es coneix encara la direcció del dispositiu. No està permès el seu us com a direcció de destí. El protocol OLSR utilitza la direcció IP per informar de quin són els nodes que tenen accés a Internet.

Si un router Commotion està connectat a internet, per exemple mitjançant un mòdem connectat per cable, permetrà que el router i tots els altres nodes de la malla tinguin accés a internet. Dyn_gwpluguinOlsrd detecta la ruta a internet i publica una ruta OLSE HNA per a tots els altres nodes.

8.2.2.2.- Nom del Host, DNS

Un client connectat a un punt d'accés de la MSTA se li diu la seva direcció IP a mesura que va rebent el missatge DHCP, utilitza el router en si per resoldre els nombre de host lookups. Això significa que el DNS del router Commotion maneja els DNS específics de la malla, en comptes del Mesh Client, així és com utilitza el Router Commotion com a porta d'enllaç predeterminada del client, descarrega l'enrutament dels altres.

Suposem que un routerCommotion està connectat a internet o a una altra xarxa. En aquest procés es diu quin es el nom del servidor que s'ha d'utilitzar per a les cerques DNS. Aquesta informació és compartida també mitjançant el DNS del Router, de manera que la cerca de clients utilitza també el nom dels servidors. Aquesta característica de l'estàndard OpenWRT es la forma normal dels clients per a resoldre els noms dels hosts quan estan connectats a routers inalàmbrics.

8.3.- Configuració dels nodes

Per realitzar la configuració dels nostres nodes, primer hem de descarregar el software original de commotion i introduir-lo a cada un dels nodes corresponents. Per flashejar el node, primer hem de connectar el nostre node UquitinanoStation a la nostre màquina. Per tal de realitzar correctament aquesta tasca, primer ha de connectar el cable Ethernet al port PoE, a continuació, connectar l'altre extrem del router, aquest serà la font d'alimentació de l'aparell. Seguidament connectem el segon cable Ethernet al port amb el nom de LAN i aquest va connectat a la nostra màquina, important, no hem de creuar els cables ja que podríem malmetre l'entrada Ethernet de la màquina, si aquest és endollat al port PoE. Finalment connectem l'adaptador PoE a la corrent i veurem com la llum verda "active power" s'engega.

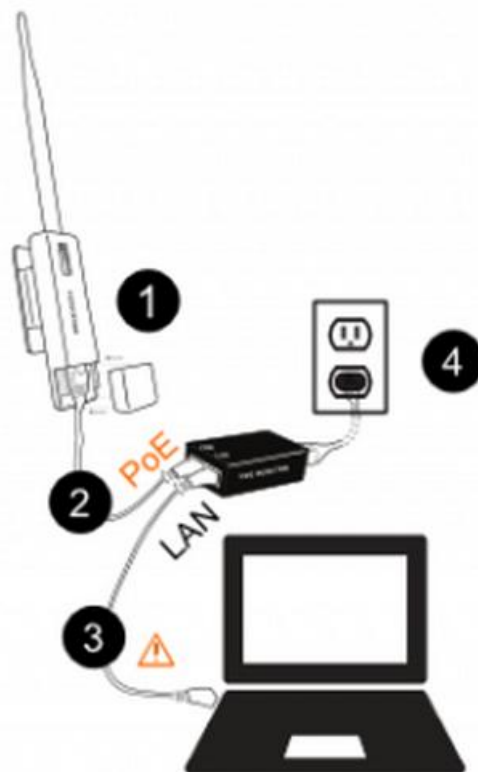


Figura 13 Exemple de com s'ha de connectar el node per configurar-lo (6)

A continuació hem de canviar la configuració de la connexió a Internet de la nostra màquina. Per realitzar-ho, primer hem d'apagar la connexió wifi del portàtil, i anar a configuració de xarxa per posar-li una direcció IP fixa, la 192.168.1.1. Seguidament entrem a la consola del portàtil, i introduïm la següent comanda: `tftp -i 192.168.1.20 put xxx.bin`, on 192.168.1.20 és la direcció predeterminada del nodes Ubiquiti i xxx equival al nom de la imatge que volem flashejar.

Un cop realitzat aquest pas accedim al portal intern del node anant a la direcció <https://thisnode>, allà podrem configurar el nostre node i donar-li les instruccions pel funcionament de la nostra xarxa. Dels tres nodes en configurarem dos com a AccésPoint i el tercer com a GateWay, aquest serà el que realitzarà la funció de porta d'enllaç, estarà connectat al router que proporcioni Internet i serà l'encarregat de donar accés d'internet a tota la xarxa.

8.3.1.- Components interns

- **/usr/lib/libcommotion.so:** Biblioteca C que conté la major part de les funcions tant per el domini com pel cliente.
- **/usr/sbin/commotiond:** Commotiond es una implementació de libcommotion i exposa un gestió a /var/run/commotion.sock
- **/usr/bin/conmoción:** Un client senzill que es connecta al toma de gestió de commtiond i envia comandos.
- **/etc/commotion/profiles.d:** La ubicació predeterminada dels perfils de configuració.
- **/etc/init.d/commotion:** Script per a commotion. Llegeix les opcions de la linea de commando per daemon de / etc / config / commotiond.
- **/Etc/config/commotiond:** conté opcions de linea de comandos domini

8.3.2.- Arquitectura Quick Start

QuickStart és una interfície en la primera entrada que recorre un usuari a través de la personalització de un node. Això està destinat a fer que la configuració inicial de un node trivial per un nou usuari.

8.3.2.1.- Executables i arxius

- **/Etc/config/wireless:** Utilitza per recompilar els dispositius inalàmbrics i la informació sobre de les interfícies inalàmbriques.
- **/Etc/config/QuickStart:** Utilitza per recompilar les dades sobre el contingut de la pàgina actual
- **/etc/commotion/profiles.d/** s'utilitza per recollir les variables dins dels perfils de l'usuari
- **/etc/Config/olsrd:** S'utilitza per identificar si els pluggins estan habilitats o no.

8.3.2.2.- Executables (no estàndards) i arxius

- **/Etc/config/wireless:** s'utilitza per agregar interfícies inalàmbriques i variables del canvi posteriorst dins de les interfícies inalàmbriques.

- **/Etc/config/network:** S'utilitza per a crear interfícies de xarxa que es corresponguin amb els diferents perfils de commotion i interfícies inalàmbriques.
- **/Etc/config/olsrd:** Utilitzada per activar/desactivar els pluggins i modificar les llibreries utilitzades per OLSRD.

8.3.3.- Direccions IP de cada node i la xarxa

Per poder configurar la direcció IP de cada node entrarem al seva interfície gràfica mitjançant internet, allà introduïrem el nom de la Xarxa Mesh que volem que formi part i automàticament és generarà una direcció IP dintre de la xarxa del tipus 100.m4.m5.m6. Per cada node és diferent i li introduïrem la IP que volem que tingui el Punt d'Accés al node, que és on els clients es connectaran per poder accedir a internet, aquesta és del tipus 10.m4.m5.m6 amb una direcció IP d'enllaç del tipus 10.m5.m6.1. També configurarem un dels nodes com a porta d'enllaç, que al reiniciar-lo i connectant-lo al router ja donarà accés a la xarxa.

També podem realitzar la configuració del node entrant mitjançant la connexió SSH, utilitzant el programa Putty. Per configurar la xarxa utilitzarem el llenguatge de programació VI i les iptables. Amb VI realitzar la modificació del codi i introduir les noves especificacions. Les iptables serveixen per realitzar la configuració de la xarxa.

Dintre de la Interfície gràfica o de la conçola també triarem el nom que tindrà el node dintre de la xarxa interna Mesh i la SSID que tindrà. Aquest és el nom que cada client veu quan ha de triar les xarxes on es vol connectar.

8.4.- Construcció de la primera Xarxa

La primera de les xarxes que construïrem estarà situada al poble de la província de la Noguera, Belcaire d'Urgell. En aquesta xarxa intentarem que tres cases tinguin accés a internet, però només una d'elles té accés a una xarxa LAN.



Figura 14 Distància entre les tres cases

Les cases estan separades per uns 50 metres i des de la casa1, on hi ha la porta d'enllaç fins a la casa2, aquesta és la que està més allunyada de la casa1, hi ha uns 90 metre en línia recta. Un dels problemes que hem trobat al construir la xarxa ha estat la dificultat de col·locar els nodes a la teulada de la finca, al no poder-ho fer baixa la velocitat transmissió quan s'adapta la modulació al canal i s'ha vist afectat en el plantejament de la nostra xarxa. Les parets de les finques dificultaven la comunicació entre els nodes.

Un cop col·locats els nostres nodes hem comprat que les taules d'enrutament s'actualitzin i mostrin els veïns que te cada node, es podrà veure si la connexió és bona.

Al configurar la xarxa hem donat una direcció IP a cada node:

SSID node	Direcció IP	Direcció IP Mesh
Node 1 - GateWay	10.32.108.1	100.70.32.108
Node 2	10.32.99.1	100.70.32.99
Node 3	10.30.224.1	100.70.30.224

Taula 2 Direccions IP i MIP de cada node

8.4.1.- Escenari realitzat de la xarxa 1

En la primera xarxa observem que els nodes no estan tots tres connectats, sino que el node 1 i el node2 és comuniquen mitjançant el node3, aquest és veí del dos nodes, però per altra banda els altres dos només el tenen a ell de veí.

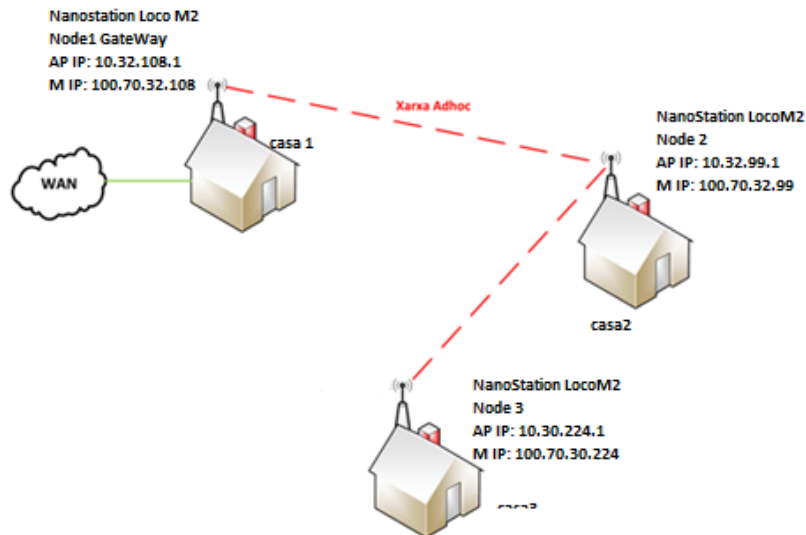


Figura 15 Primer escenari realitzat

La casa1 és la que té la connexió a WLAN, el node1 que és el que s'ha configurat per ser utilitzat com a GateWay està connectat mitjançant cable Ethernet a un router Vodafone, aquest li dona accés a tota la xarxa a internet.

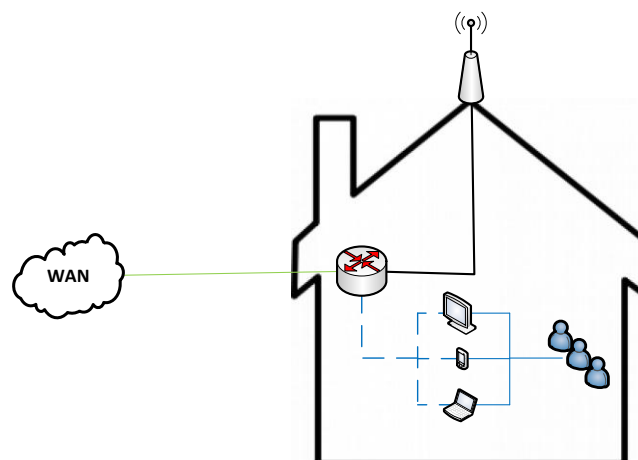


Figura 16 Casa1 on hi ha GateWay

A les cases 2 i 3, no tenim accés a Internet, per aquest motiu hi col·loquem els altres nodes perquè ens puguin donar accés a Internet als clients que ho requereixin. Els dos nodes situats en aquestes cases han estat configurats com a AP.

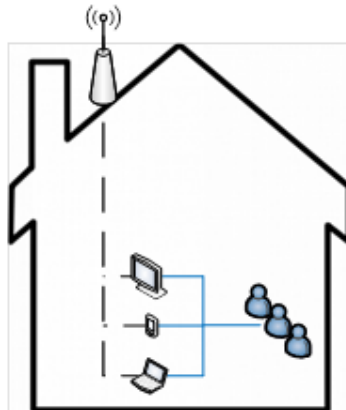


Figura 17 Cases 2 i 3 on hi ha AP

8.4.2.- Taules d'enrutament

8.4.2.1.- Veïns

En la primera xarxa podem observar a les taules d'enrutament que el Node3 només té de veí el node 2.

OVERVIEW OF CURRENTLY ESTABLISHED OLSR CONNECTIONS						
Neighbour IP	Hostname	Local interface IP	Device	LQ	NLQ	ETX
100.70.32.99	NODE2-135936003.mesh.local	100.70.30.224	UAB	0.772	0.168	7.03%

Taula 3 Veïns del node3

En la taula 3 observem la IP del veí, el Hostname del veí, la pròpia IP, el nom de la xarxa on està connectat, el valor que LQ (link Quality) que ens diu la qualitat del link que utilitzarà, com més pròxim és a 1 millor qualitat té, el NLQ (Neighbour Quality Link), que aquest ens diu la qualitat que tenim al passar paquets al nostre node veí i l'ETX (Expected Transmission Count) .

El ETX mesura la qualitat del camí entre dos nodes en una xarxa, que funcioni mitjançant paquets, inalámbrica. Actualment és molt utilitzat en xarxes mallades. Expected Transmission Count, són el nombre de transmissions esperades d'un paquet perquè pugui ser rebut sense error al seu destí. Aquest número varia de 1 a infinit, com a més pròxim a 1 és el número del ETX millor

transmissió de paquets hi haurà, en canvi si com més elevat sigui pitjor transmissió de paquets tindrà fins arribar a infinit que significa que no hi ha transmissió d'aquets. Per exemple si necessitem 2859 transmissions per transmetre 1024 paquets sense errors el número $ETX = 2859/1024 = 2.7$, degut al medi que envolta el node aquest nombre pot variar notablement.

El la nostra xarxa observem que tenim una mala transmissió de paquets, aquest fet és degut a que la connexió entre el node3 i el node2 està separada per moltes parets i això dificulta la transmissió de paquets.

Interfaces	1	wlan0-1
Neighbors	2	NODE1-1359356012.mesh.local NODE3-1359355616.mesh.local
Nodes	3	
HNA	4	
Links total	4	
Links per node (average)	1.33	

Taula 4 Resum de les taules OLSR del node 2

Observem el resum de les taules del node 2 i veiem que aquest te com a veïns als altres dos nodes, amb la qual cosa realitza la connexió entre aquets dos que en principi no és veuen.

8.4.2.2.- Rutes

Observarem en la següent taula que es veu cap on enviarà els paquets el node, observem que per transmetre al node 2 tant sols necessita un salt i per arribar al node 1 ha de fer 2 salts.

OVERVIEW OF CURRENTLY KNOWN ROUTES TO OTHER OLSR NODES				
Announced network	OLSR gateway	Interface	Metric	ETX
100.70.32.99/32	100.70.32.99 / NODE2-1359356003.mesh.local	UAB	1	6.03%
10.32.99.0/24	100.70.32.99 / NODE2-1359356003.mesh.local	UAB	1	6.03%
0.0.0.0/0	100.70.32.99 / NODE2-1359356003.mesh.local	UAB	2	12.06%
10.32.108.0/24	100.70.32.99 / NODE2-1359356003.mesh.local	UAB	2	12.06%
100.70.32.108/32	100.70.32.99 / NODE2-1359356003.mesh.local	UAB	2	12.06%

Taula 5 Podem observar els salts dels paquets

Com hem dit ja anteriorment el node3 només es pot connectar amb un únic veí, veiem que la transmissió de paquets amb el seu veí directe és més o menys la meitat que la que te amb el node on no hi te accés.

Observem que la ruta que segueixen els paquets es transmeten mitjançant la Accés Point IP i la Mesh IP, i la transmissió de paquets del node3 al node1,

amb IP's 10.30.224.1 i 10.32.108.1 respectivament, fa dos salts. Aquest és el motiu per el qual el valor ETX és el doble que transmissió del node3 al node 2.

8.4.3.- Topologia

Observarem a la següent taula els camins que segueixen els paquets per arribar a tota la xarxa i així donar connexió a tots els clients.

OLSR node	Last hop	LQ	NLQ	ETX
100.70.30.224	100.70.32.99	0.234	0.784	5.418
100.70.32.108	100.70.32.99	0.341	0.380	7.705
100.70.32.99	100.70.30.224	0.784	0.211	6.021
100.70.32.99	100.70.32.108	0.380	0.313	8.379

Taula 6 Topologia de la xarxa

Veiem com els paquets van del node3 al node2, seguidament del node2 al node1 i seguidament fan el camí a l'inversa. Al ser tant sols un salt veiem que el ETX te la transmissió de paquets similar a la vista en les anteriors taules.

8.4.4.- Zona d'accés a internet per als clients

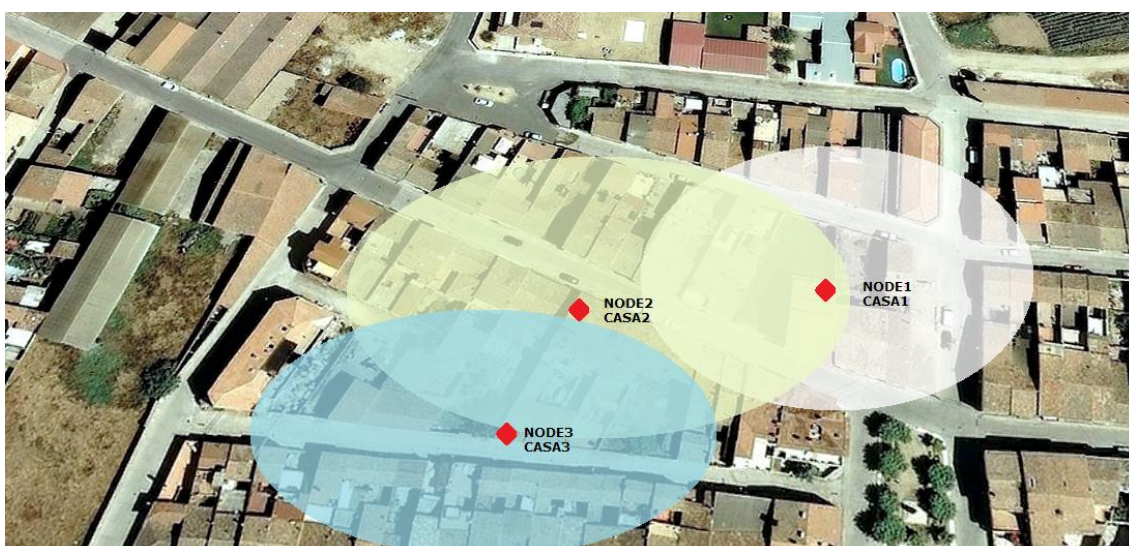


Figura 18 Zona de cobertura de la xarxa

La Figura 18 ens ensenya la zona on els clients de la xarxa és podran connectar a la xarxa. Observem que el node 1 i el node 3 no és troben, i gràcies al node 2 és poden comunicar i passar-se paquets.

8.5.- Construcció de la segona xarxa

La segona xarxa la construïm a un immoble situat al barri de Gràcia, aquest fa més o menys uns 90 m² i la senyal d'accés a internet no arribava amb la qualitat suficient al llarg de tot el pis. En aquesta xarxa hem utilitzat els tres nodes, tot hi que només amb dos nodes haguéssim aconseguit una bona connexió a tota la llar.

El fet que haguem utilitzat els tres nodes és per posar un exemple d'una petita xarxa mallada sense fils on els tres nodes es veuen i poden transmetre paquets a qualsevol dels dos nodes veïns.

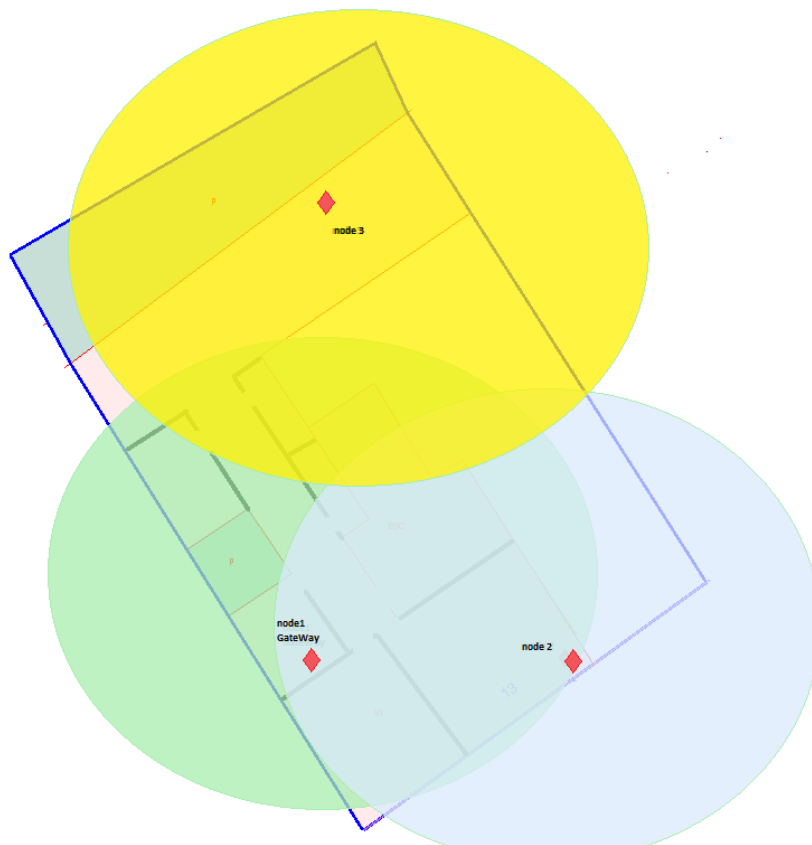


Figura 19 Cobertura dels nodes dintre del pis

8.5.1.- Taules d'enrutament

OLSR Overview		
Interfaces	1	wlan0-1
Neighbors	2	NODE3-1359355616.mesh.local NODE2-1359356003.mesh.local
Nodes	3	
HNA	4	
Links total	6	
Links per node (average)	2.00	
OLSR Configuration		
Version	0.6.5.4-git_8b2236e-hash_3667acb4ad7e32204039db1f6b9bc660 (built 2014-06-12 on ashida)	
Download Config	OpenWrt, OLSBD	

Figura 20 Resum de les taules OLSR del node1

En aquest cas hem agafat la visió de la interfície OpenWrt. Com Commotion és un sistema operatiu basat en OpenWrt, tens la possibilitat d'entrar a qualsevol de les dues interfícies. A la Figura 20 estem dintre de la interfície gràfica del node1 i veiem que te dos veïns els nodes 2 i 3.

8.5.1.1.- Veïns

OLSR connections						
Overview of currently established OLSR connections						
Neighbour IP	Hostname	Local interface IP	Device	LQ	MLQ	ETX
100.70.32.99	NODE2-1359356003.mesh.local	100.70.32.108	UAB	1.000	0.905	1.12%
100.70.30.224	NODE3-1359355616.mesh.local	100.70.32.108	UAB	0.878	1.000	1.59%

Taula 7 Veïns node 1

A la Taula anterior podem observar com el node1, que igual que en l'anterior xarxa ha estat configurat com GateWay, és veí dels altres dos nodes, té un excel·lent LQ i NQL, igual que el ETX és molt pròxim a 1. Això és degut a que els nodes no estan molt allunyats i per tant poden tenir una bona transmissió de paquets. A la taula ens dona la Mesh IP del node 1, 100.70.32.108 i les dels altres dos nodes com a veïns seus.

El fet que els tres nodes es trobin constantment provoca que sempre es trobi un camí òptim per a transmetre els paquets i per molt que falli el node2 o el node3 els altres dos sempre tindran accés a Internet.

8.5.1.2.- Topologia

En la següent taula podem observar quins camins recorren els paquets per donar accés a internet a tots els clients que és connectin a la xarxa.

Active OLSR nodes					
Overview of currently known OLSR nodes					
OLSR node	Last hop	LQ	NIQ	ETX	
100.70.30.224	100.70.32.99	0.854	1.000	1.169	
100.70.30.224	100.70.32.108	0.905	0.890	1.219	
100.70.32.108	100.70.30.224	0.890	0.897	1.250	
100.70.32.108	100.70.32.99	0.905	0.894	1.234	
100.70.32.99	100.70.30.224	0.948	0.854	1.212	
100.70.32.99	100.70.32.108	0.847	0.905	1.303	

Taula 8 Topologia de la xarxa

Observem com els paquets van de cada un dels nodes als altres dos, per exemple el node1 envia paquets al node2 i al node3. Seguim observant que com anteriorment veiem la transmissió de paquets és molt bona ja que el número ETX és molt proper a 1.

8.5.1.3.- HNA (Host Net Announcements)

Aquest tipus de missatge ens mostra els Hosts que formen part de la xarxa, relacionant les AP IP amb les seves respectives MIP i així cada node sap en qualsevol moment a quins altres nodes pot arribar a transmetre-hi paquets.

Active host net announcements	
Overview of currently active OLSR host net announcements	
Announced network	OLSR gateway
0.0.0.0/0	100.70.32.108 / NODE1-1359356012.mesh.local
10.30.224.0/24	100.70.30.224 / NODE3-135935616.mesh.local
10.32.108.0/24	100.70.32.108 / NODE1-1359356012.mesh.local
10.32.99.0/24	100.70.32.99 / NODE2-1359356003.mesh.local

Taula 9 Taula HNA OLSR

Veiem com cada node te relacionades les seves respectives IP's, però n'hi ha una MIP, concretament la del node1, que està relacionada amb la 0.0.0.0. això és degut a que el node1 està configurat com GateWay, i aquesta IP és com el punt de control perquè quan els altres nodes li enviïn paquets ells pugui respondre dient que és el AP GateWay. Aquesta IP és molt utilitzada en el món de les xarxes mallades per anar marcant les GateWay del camí per on passen els paquets transmesos.

8.6.- Possibles projectes de futur

Al realitzar l'estudi de les dues xarxes s'ha vist que es podria implementar a gran escala, amb més temps i sabent el coneixement assolit en aquest projecte, es podria plantejar fer una xarxa mallada sense fils a tot un poble.

El poble que s'ha pensat podria ser el mateix on s'ha fet la primer xarxa. Bellcaire d'Urgell és un petit poble situat a la noguer amb uns 1.200 habitants. L'objectiu d'aquest nou projecte. Seria donar accés a Internet als llocs públics de manera gratuïta pels habitants del poble.

Això es podria aconseguir de la mateixa manera que hem realitzat les nostres petites xarxes. L'únic que s'haurien d'augmentar el nombre de nodes, i com els mitjans serien millors, es podrien aprofitar molt millor les capacitats dels nodes que s'han comprat. Al ser una xarxa pensada per estar fixa és podrien col·locar a les teulades dels edificis pertinents oferint així una connexió més òptima. On no hi hauria gaires obstacles i permetria als nodes utilitzar tot els seu rang d'influència.

També es podria col·locar més d'una porta d'enllaç el que facilitaria que hi hagués bona transmissió de paquets a tota la xarxa. Tot hi així s'haurien de configurar els nodes per limitar la velocitat de descàrrega i així s'evitarien les descàrregues massives. Si tots els clients és posessin a descarregar molts arxius és podria veure afectat el tràfic de paquets a la xarxa.

Però com s'ha dit això és un projecte de futur i s'haurà de realitzar l'estudi i la viabilitat d'aquest. Tot hi això, cada dia que passa és més possible degut al gran creixement que tenen les Xarxes mallades sense fils. Deixem un petit exemple del que podria ser la xarxa sense fils a Bellcaire d'Urgell, amb els nodes que facin de porta d'enllaç a l'Ajuntament, al bar del Poliesportiu i a la Coperativa del poble, tots els llocs amb accés a Internet i pertanyen a L'ajuntament.



Figura 21 Possible situació dels nodes

9.- Conclusions

En aquest projecte s'ha fet un estudi sobre diversos protocol d'enrutament de les xarxes mallades sense fils, com ara, BATMAN, AODV, OLSR o 802.11s. S'han observat les diferències entre ells on cadascun te uns avantatges i unes desavantatges.

S'ha explicat el funcionament de diferents xarxes sense fils, centrant-se en les xarxes mallades sense fils. S'ha vist que les xarxes Ad-hoc són fonamentals per al desenvolupament de les xarxes Mesh i les seves germanes MANET. Les dues aprofiten la topologia de la xarxa Ad-hoc per crear la seva pròpia xarxa sense fils. També hem vist que entre elles comparteixen més d'un protocol d'enrutament.

En el projecte ens hem decidit per utilitzar el protocol d'enrutament basat en Linux OLSR i el software OpenWrt amb el sistema operatiu Commotion que és el que hem utilitzat per construir ambdues xarxes creades en el desenvolupament del projecte.

OLSR és un protocol proactiu, que està constantment enviant paquets per veure la disposició de la xarxa, els nodes envien paquets HELLO i TC per comprovar l'estat del seus veïns i així anar actualitzant les taules d'enrutament. D'aquesta manera sempre sabem quina és la millor ruta per transmetre el paquet i en el cas que la connexió amb un node falli, ràpidament s'actualitzen les taules i crea la nova ruta de transmissió de paquets.

Commotion ens ofereix una xarxa mallada sense fils, on hi ha diversos Punts d'Accés que formen la xarxa i donen accés a Internet als client. Hi ha d'haver un Punt d'Accés que estigui connectat a una WLAN, aquest serà el que proporcioni l'accés a internet a tots els altres nodes. Per fer-ho se li assigna la direcció IP 0.0.0.0/0 aquesta és la que adverteix als nodes veïns que és una porta d'enllaç i te accés a Internet.

Tot això ha ajudat a entendre millor el funcionament de les Xarxes mallades sense fils i aventurar-se a fer nous projectes i intentar seguir millorant aquest món en constant expansió que són les xarxes mallades sense fils.

10.- Glossari

ALOHANET - Aloha Network

AODV - Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing

AP: Acces Point

ARPANET - Advanced Research Projects Agency Network

BATMAN - Better Approach To Mobile Adhoc Networking

BSSID - Basic Service Set Identifier

BSS - Basic Service Set

DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol

DSR - Dynamic Source Routing

ETX - Expected Transmission Count

HWMP - Hybrid Wireless Mesh Protocol

IP - Internet Protocol

LAN - Local Area Network

MAC - Media Acces Control

MANET - Mobile Ad-hoc Networks

MBSS: Mesh Basic Service Set

MC – Mesh Client

MCS - Modulation and Coding Scheme

MPR - Multipoint Relays

MSTA – Mesh Station

NAT - Network Address Translation

OGM - Originator Messages

OLSR - Optimized Link State Routing

OSI - Open System Interconnection

PoE - Power Over Ethernet

PRNET - Packet Radio Network

QoS - Quality of Service

QPSK - Quaternary Phase Shift Keying

RFC - Request For Comments

RFID - Radio Frequency IDentification

RIP - Routing Information Protocol

SSID - Service Set Identifier

TIC - Tecnologías de Informació y Comunicació

TTL - Time To Live

UDP - User Datagram Protocol

WMN: Wireless Mesh Network

11.- Bibliografia

- (1) <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/221/4/Capitulo%203.pdf>
- (2) <http://flylib.com/books/en/4.160.1.67/1/>
- (3) <http://flylib.com/books/en/2.959.1.53/1/>
- (4) http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/12595/1/PFCE_Marc_Esquius.pdf
- (5) http://www.machine.cl/product_info.php?cPath=58&products_id=4232
- (6) <https://commotionwireless.net/> Pàgina Oficial Commotion
- (7) <https://wiki.freebsd.org/WifiMesh>
- (8) http://dl.ubnt.com/datasheets/nanostationm/nsm_ds_web.pdf - (datasheet UbiquitinonaStation Loco M2
- (9) <https://guifi.net/> - Pàgina guifi.net
- (10) <http://www.wi-fi.org/> - Pàgina Oficial Wifi Alliance
- (11) <http://www.olsr.org/> - Pàgina oficial olsr
- (12) <http://wiki.openwrt.org/> - Pàgina Oficial OpenWrt
- (13) <http://www.sobrepc.com/internet/direcciones/direcciones2a.html>
- (14) http://www.olsr.org/docs/olsr_plugin_paper.pdf
- (15) <http://www.open-mesh.org/projects/batmand/wiki/Doc-overview> - Pàgina oficial BATMAN
- (16) <http://www.cika.com/newsletter/archives/pp1.pdf> - Topologies Mesh
- (17) <http://www.lugro-mesh.org.ar/> - Pàgina Lugro-Mesh
- (18) <http://web.mit.edu/rhel-doc/4/RH-DOCS/rhel-rq-es-4/s1-iptables-options.html> - pàgina que parla de les IPTables
- (19) <https://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/ALOHAnet.html> - Pàgina on es parla de ALOHAnet
- (20) <http://www.historyofcomputercommunications.info/Book/4/4.10-ALOHANETNormAbramson-66-72.html> - Pàgina on es parla de ALOHAnet
- (21) <http://masimum.inf.um.es/fjrm/wp-uploads/Ros-PFC04.pdf> - Projecte que parla de les xarxes MANET

Resum

En el projecte ens centrarem en el funcionament de les Xarxes mallades sense fils, es fa una breu explicació de les xarxes Ad-hoc, ja que aquestes formen un part important dintre d'una xarxa Mesh. S'explicaran diversos protocols d'enrutament com ara BATMAN, AODV, 802.11s i OLSR. Aquest últim és el que utilitzarem per a la configuració de la xarxa que realitzarem. S'explicarà el tipus de paquets que s'envien entre els nodes perquè el funcionament de la xarxa sigui òptim i tots els clients puguin tenir-hi accés i estiguin connectats entre ells.

Al finalitzar l'estudi teòric d'aquest tipus de xarxa i veure les seves avantatges i desavantatges respecte altres tipus de xarxes sense fils, es muntaran dos petites xarxa. Per a muntar-les utilitzarem de Punts d'Accés els nodes Ubuquiti Nanoestation LocoM2. Una de les xarxes serà al poble Bellcaire d'Urgell, on és connectaran tres cases, on només una té accés a Internet i els nodes estaran connectats en línia, es a dir, del Node1 – Node2 – Node3. La segona serà a una casa de Barcelona on mitjançant els tres nodes obtindrem una connexió d'Internet a tota la casa, en aquest cas els tres nodes estaran connectats els tres formant un cercle, es a dir, Node1-Node2-Node3-Node1.

Finalment, és mirarà una proposta de futur, on es parlaria amb l'Ajuntament del poble on s'ha fet la primera prova per realitzar una Xarxa mallada sense fils a tots els llocs públics del poble.

Resumen

En el proyecto nos centraremos en el funcionamiento de la redes mallada sin hilos, se hará una breve explicación de las redes Ad-hoc, ya que estas forman una importante parte dentro de una red Mesh. Se explicaran diferentes protocolos d'enrutamiento como ahora BATMAN, AODV, 802.11s y OLSR. Este último es el que utilizaremos para la configuración de la red que realizaremos. Se explicara el tipo de paquetes que se envían los nodos entre ellos para que la red funcione sea óptimo i todos los clientes puedan tener acceso i estén conectados entre ellos.

Al finalizar el estudio teórico de este tipo de red i ver sus ventaja i desventajas respecto otros tipos de redes, se montaran dos pequeñas redes. Para montarlas utilizaremos de Puntos de Acceso los Nodos Ubiquiti Nanostation LocoM2. Una de las redes se realizará en el pueblo de Belcaire d'Urgell, donde se conectaran tres caos, y sólo una de ellas tiene acceso a Internet, los nodos estarán conectados en línea, es decir, Node1 – Node2 – Node3. En la segunda red será una red en una casa de Barcelona donde mediante los tres nodos obtendremos una conexión de Internet en toda la casa, en este caso los tres nodos estarán conectados entre sí formando un circulo, es decir, Node1-Node2-Node3-Node1.

Para terminar, se vera una propuesta de futuro, donde se hablaría con el ayuntamiento del pueblo donde hemos realizado la primera red mallada sin hilos en todos los sitios públicos del pueblo.

Summary

The project will be focused on the performance of wireless mesh networks. A brief explanation of the Ad-hoc networks will be done, due to their significance in a Mesh network. Different routing protocols such as Batman, AODV, 802.11s and OLSR will be explained. The last one will be used for the net configuration carried out. The types of packets sent between the nodes will be explained in order to optimize the network performance and allow all the customers to have access to the net and be able to connect with each other.

At the end of the theoretical study of such network and after checking its advantages and disadvantages compared to other types of wireless networks, two small networks will be set up. To develop them, the nodes Ubuquiti Nanoestation LocoM2 will be used as an Access Point. One of the networks will be in the town of Bellcaire d'Urgell, it will connect three houses, where only one of them has access to the Internet. The nodes will be connected on a line such as Node1 - Node2 - Node3. The second network will be fixed in a house of Barcelona, where three nodes will help to get an internet connection throughout the house. In this case, the three nodes will be connected in a circle such as Node1-Node2-Node3-Node1.

Finally, a future proposal will be analyzed. It will be necessary to talk with the town council of the first village tested in order to set a wireless mesh network in all the public areas of the village.